

# マナド海域における再生実験より移植ミドリイシ属サンゴの初期成長について

著者	富岡 春香
学位名	修士（海洋科学）
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2014
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00001450/">http://id.nii.ac.jp/1342/00001450/</a>

修士学位論文

マナド海域における再生実験より  
移植ミドリイシ属サンゴの初期成長について

平成 26 年度  
(2015 年 3 月)

東京海洋大学大学院  
海洋科学技術研究科  
海洋システム工学専攻

富岡 春香

## 目次

第Ⅰ章 序論 .....	4
1.1 背景.....	4
1.2 インドネシア マナド海域 .....	5
1.3 有性生殖を利用したサンゴ再生技術.....	7
1.4 マナド海域における事前調査 .....	9
1.5 本研究の目的. ....	11
第Ⅱ章 方法 .....	12
2.1 実験海域 .....	12
2.2 実験材料 .....	17
2.3 実験方法 .....	21
2.3-1 移植サンゴ種苗の獲得(2009年5月) .....	21
2.3-2 リクパン海域へのマリブブロック設置.....	21
2.3-3 サンゴの移植.....	23
2.3-4 追加移植(2012年3月, 8月, 2013年8月) .....	28
第Ⅲ章 結果 .....	30
3-1 群体数推移 .....	30
(1) 2010年11月移植.....	30
(2) 追加移植.....	34
(3) 着床具脱落率 .....	35
3-2 成長推移 .....	36
(1) 2010年11月移植 .....	36
(2) 追加移植.....	38
3-3 移植ミドリイシ属の種の同定 .....	41
第Ⅳ章 考察 .....	46
4-1 群体数・成長推移 .....	46
(1) 2010年11月移植 .....	46
(2) 追加移植・着床具脱落率 .....	48
4-2 種の同定 .....	49

第V章 結論 .....	53
謝辭.....	55
引用文献 .....	56

# 第 I 章 序論

## 1.1 背景

造礁サンゴ(以下サンゴ)とは、刺胞動物門(Phylum Cnidaria)に属し、褐虫藻と呼ばれる渦鞭毛藻の一種(Symbiodinium)と共生する生物を指す。サンゴは体内に共生する褐虫藻が光合成を行うことで、栄養塩の乏しい熱帯・亜熱帯海域において基礎生産者としての役割を果たす(Birkeland 1997)。サンゴは成長するにつれて大量の硬い石灰質の骨格を形成し、これらはサンゴの死後も塊として海中に残る。この大量のサンゴ骨格と、他の石灰質を持つ生物の遺骸が堆積し形成する岩塊状の構造物を「サンゴ礁」と呼ぶ。サンゴ礁は複雑な立体構造を持ち、多様な海洋生物の生息場にもなっており、サンゴ礁生態系の根幹を担っている(西平 1996, 土屋 1996)。このように造礁サンゴが支えるサンゴ礁生態系は、熱帯雨林に匹敵するほどの高い生物多様性と生産力を持つ(野島 2006, Whittaker 1979)。また、島への波浪を沖で食い止め海岸線の侵食を防ぐ、天然の防波堤としての役割も備えている(野島 2006)。以上のように、造礁サンゴやサンゴ礁が果たす役割は多岐に渡り、他の生物によって代替できるものではなく、自然界と人間生活の双方に必要不可欠なものである。

しかし近年、造礁サンゴは様々な要因による攪乱を受け衰退傾向にある。沿岸の開発行為や未処理汚水の流入などといった人為的負荷による影響や、サンゴを捕食するオニヒトデの大発生、サンゴ疾患性の病気(細菌など)といった自然現象と複合的な要因によるものもある(環境省 2004, Birkeland & Lucas 1990)。その他にもサンゴ食性貝類による食害(Turner 1994)、海水面での強い紫外線(Gleason & Wellington 1993)、塩分の低下(Engelbreton & Martin 1994)などがサンゴの攪乱要因として報告されている。その中でも、近年最もサンゴ礁を危機に晒している原因は、海水温上昇によるサンゴの白化である。白化とはサン

ゴが体内に共生している褐虫藻を失い、透明な組織を通して石灰質の骨格が透けて白く見える現象である（環境省 2004）。白化直後、サンゴは生きているが、白化した状態が長く続くとサンゴは褐虫藻からの光合成産物の供給が断たれて死にいたる。1997年から1998年にかけて発生したエルニーニョ・南方振動(ENSO)は、世界中の海水温に影響を与えた（McPhaden 1999）。これによる海水温の上昇を原因としたサンゴの白化は地球規模で発生し、世界各地のサンゴに大きな被害を与えた（Wilkinson 1998, Guldberg 1999, 西平 & Veron 1995）。

現在これらの攪乱からサンゴ礁を守るために、効果的なサンゴ礁再生技術の確立が必要とされている。

## 1.2 インドネシア マナド海域

日本最大のサンゴ礁海域である沖縄県石西礁湖から南へ約 6000km の位置にインドネシア・スラウェシ島があり、その北端にマナド海域は位置する。（図 1-1, 1-2）

マナド海域はインドネシア、マレーシア、パプアニューギニア、フィリピン、ソロモン諸島、東ティモールの 6 カ国で形成されるコーラルトライアングルと呼ばれる海域の中心部に位置する。この海域は、世界のサンゴ礁の約 30%を擁し、3000 種以上の魚類が生息するサンゴ群集の豊かな多様性が注目される海域である(Daventier et al.2006,Renema et al.2008,Barber 2009)。しかし、海水温上昇に伴う白化を始めとする様々な要因により、このコーラルトライアングルにおいてもサンゴ礁の 85%以上が絶滅の危機に瀕している。

マナド海域は、1991 年には海洋国立公園に指定されており、ダイビングスポットとしても有名な海域である。水温は通年で 27℃から 30℃の範囲内であり、29℃前後でおよそ安定している。



図 1-1 インドネシア マナド

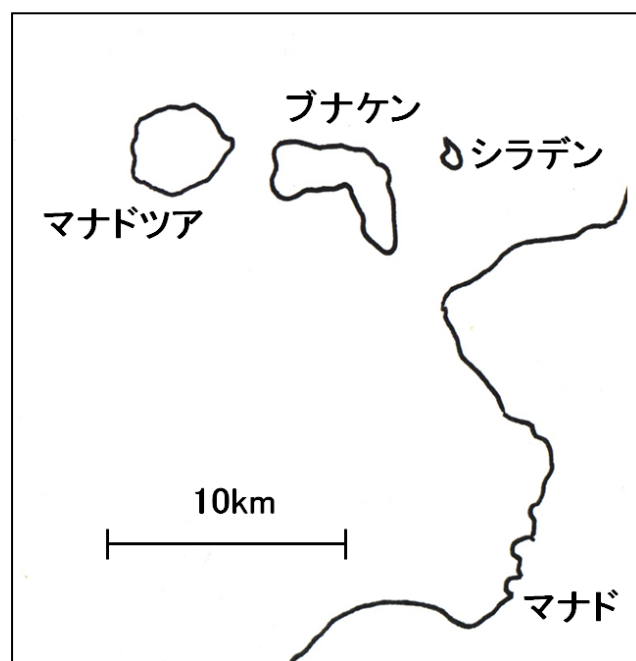


図 1-2 マナド海域

### 1.3 有性生殖を利用したサンゴ再生技術

白化をはじめ様々な攪乱によって衰退するサンゴ礁を再生するために、世界各国でサンゴ再生方法の研究が進められている。日本のサンゴ礁においては 1990 年代から断片移植の試みが行われてきた(大久保&大森 2003)。この方法はサンゴの無性生殖を利用したもので、サンゴの分割群体(断片)を岩盤等に固定することで移植を行う。しかしこの方法には、既存群体(ドナーサンゴ)を傷つける、移植法が標準化しにくい、大規模な移植にはかなりの人手と費用を要する、クローン群体が増えることによる遺伝的攪乱などの問題があった。

そこで、ドナーサンゴを傷つけることなく、簡便かつ大量に行える再生技術として、セラミック着床具を用いたサンゴ再生手法を岡本らが開発した(Okamoto et al.2008)。この方法では、まず、サンゴ幼生を海底に設置した着床具に着生させ、自然環境下で 10~20mm まで育成する。そして、サンゴが生育した着床具を海底に固定することによって移植を行う。

本技術は主に造礁サンゴの大部分を占めるミドリイシ属を対象種としてきた。ミドリイシ属の特徴的な産卵様式である一斉産卵は、毎年初夏の満月の夜に行われる。約 100 種を超えるサンゴが一斉に卵子と精子の塊(バンドル)を放出する。バンドルは海面で弾け、無数の卵子と精子となり、海面近くを漂って受精する。受精卵は 2 日ほどで幼生となり、生まれてから約 1 週間のうちに海底に着生する(古島&岡本 2002)。しかし、大多数の幼生は着生適地を得られないまま流出ないし死亡する。海底に設置した着床具は、本来は海底に着生できなかったであろう幼生に着生適地を提供するものである。

着床具を用いたサンゴ再生は、自然界で生まれた幼生を無作為に用いるため、得られる種苗の遺伝的多様性が高く、一斉産卵前に着床具を海底に設置するだけで種苗を獲得できるという利点を持ち、さらに着床具は移植時の利便性も考慮されているため、容易かつ確実な移植が可能であるという点からも 2004 年から環



境省の自然再生事業でも用いられている(環境省自然環境局 2005). さらに, 宮古島における実験より, サンゴの死後に石灰質の骨格が堆積した「がれき場」海域におけるサンゴ再生にあたり, 効果の高い技術であった(山室 2011,図 1-3).

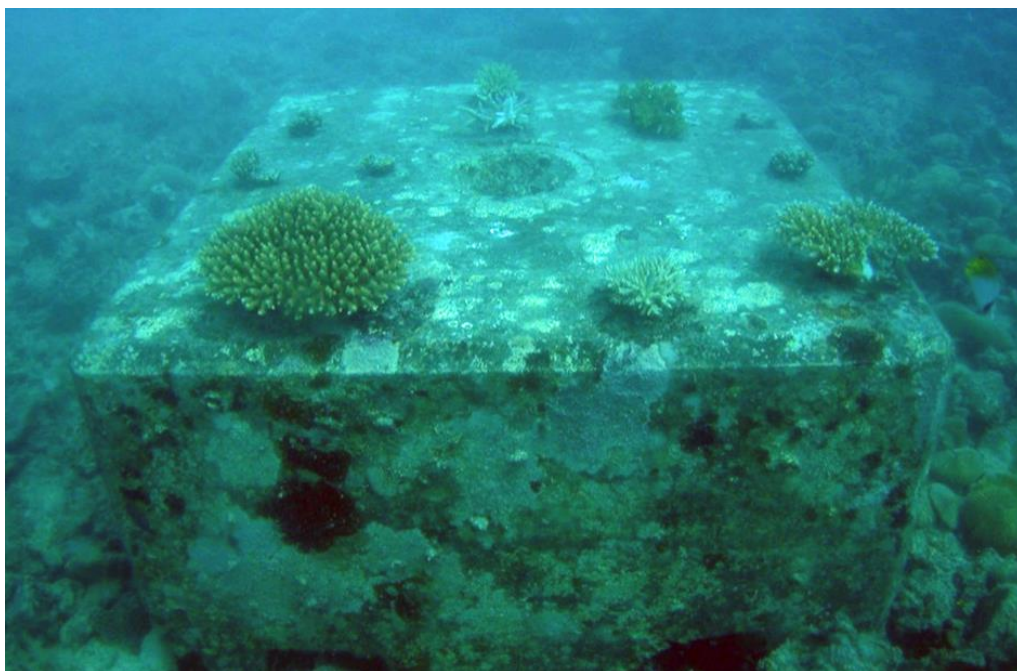


図 1-3 マリンブロックへの移植実験 (宮古島)

## 1.4 マナド海域における事前調査

岡本らは 2003 年 2 月にマナドのブナケン島周辺でスクーバを用いた潜水観察を行った。それによると、島の南側リーフ上面や水深の浅い海域ではサンゴがほぼ死滅しており、稚サンゴも極端に少なかった（図 1-4）。ブナケン島の南側リーフ上面のサンゴはその後好転の兆しがなく、特にミドリイシ属の衰退は著しかった。そのため、マナド海域においても早急に保全の策を練る必要があると判断し、着床具を用いたサンゴ再生技術をマナド海域に導入することができれば、海域のサンゴの保全・再生に寄与できると考えた。

2007 年及び 2008 年に行われた産卵時期把握実験及び着床具の長期設置実験より、マナド海域において着床具へ着生するサンゴ種は多種多様であり、期待されたミドリイシ属の着生は少ないものの、ミドリイシ属以外のサンゴも含めた再生が可能であると判断された。さらに、4 月に設置した着床具へ着生したサンゴは、16 ヶ月間の設置で各サンゴ科を目視判別できるサイズに成長していた（2012 杉田）。

これら事前調査の結果も踏まえ、移植再生実験はサンゴ 6 種及びその他のサンゴ種の移植を 2010 年 11 月から開始し、2014 年 5 月まで数ヵ月毎に観察が続けられた。同時に、継続管理型再生実験として、2012 年 3 月、8 月及び 2013 年 8 月にはミドリイシ属の着生を確認した着床具の追加移植を行った。



図 1-4 ブナケン島南リーフ上面

## 1.5 本研究の目的.

マリنبロック上で成長したミドリイシ属の初期成長過程を解明するため、移植後数ヵ月毎にサンゴの生残・成長追跡調査を行った。先行研究の結果も含め、移植に用いるサンゴの着生海域、育成海域、再生海域の選択の可否、移植サンゴの適否の知見が得られたため報告する。また、移植し生残していたミドリイシ属の種を同定した結果も踏まえ、マナド海域におけるミドリイシ属の種毎の初期成長を解明することを本研究の目的とした。

## 第Ⅱ章 方法

### 2.1 実験海域

#### (1) マナド護岸堤 (図 2-1, 2-2)

マナド埋立地の護岸堤であるマナド護岸堤は 2000 年に工事されたもので、埋め立て地の外縁となっている。1-2m ほどの岩石が水深 6m の砂地海底まで積まれており、その岩石にミドリイシ属をはじめ多種多様なサンゴが生育していた。さらに直径 5cm 以下の幼いミドリイシ類も多く確認され幼生が加入していることは明らかであった(杉田 2012)ことから、移植に用いるサンゴ幼生を獲得するための着生海域として設定した。

しかし、マナド護岸堤は市街地沿岸にあたり生活排水が流入しており、懸濁物も多く、浮泥が沈着しやすい環境であった。

#### (2) St. A (図 2-1, 2-3)

ブナケン島南岸の St. A は島から 1km ほど張り出した裾礁で、緩やかに水深を増し水深 6m 付近から急深な地形となっていた。礁嶺は葉状サンゴ礫の堆積帯でサンゴはほとんど生息していないものの、水深 5-6m においてはサンゴ被度が 80-100%であり、オオスリバチサンゴの大群集を中心に、指状・塊状ハマサンゴ類、エダトゲキクメイシ、フトエダミドリイシなどが分布していた。水深 10m 付近の礁斜面にはリュウキュウキッカサンゴの大群集のほか、センベイサンゴ、ニオウミドリイシが分布しているなど、多様な種が生息していた。

St. A は海水が清浄であり静穏な環境であるため、着床具へ着生した幼生が移植可能なサイズの稚サンゴとなるまで育成する育成海域として設定した。

### (3) リクパン海域 (図 2-1, 2-4)

リクパン海域はかつて健全なサンゴが生育していた海域であるが、ミドリイシ属を中心としてサンゴの衰退が著しい海域である。付近の河川により土砂の流入はあるが、市街地から離れているため人間生活による汚染の影響は少なく貧栄養な海域である。さらに、水深 7-8m あたりは実験を行う上で要する広く平坦なスペースがあり、傾斜も緩やかだった。加えて地元サムラトランギ大学の実験所があるためアクセスが良く、施設も利用できるなど条件が適していたため、当海域を移植実験海域として設定した。

### (4) ブナケン島西 (図 2-1, 2-5)

ブナケン島から 200-300m 続く浅い礁原で、沖側は崖上に落ち込む礁斜面である。礁原沖側の幅約 50m の範囲のサンゴ被度は 5-30%で、塊状ハマサンゴ類が卓越し、キクメイシ類、指状ハマサンゴ類が点在する。礁斜面はニオウミドリイシのほか、リュウキュウキッカサンゴ、リュウモンサンゴなど被覆状サンゴが多い。

ミドリイシ属サンゴの加入・生育は少ないものの、ソフトコーラルによる成長阻害も確認されず多種多様なサンゴの着生が確認された (2013 福島)。そのため、追加移植に用いるサンゴ幼生を獲得し、さらに育成を行うための着生・育成海域として設定した。



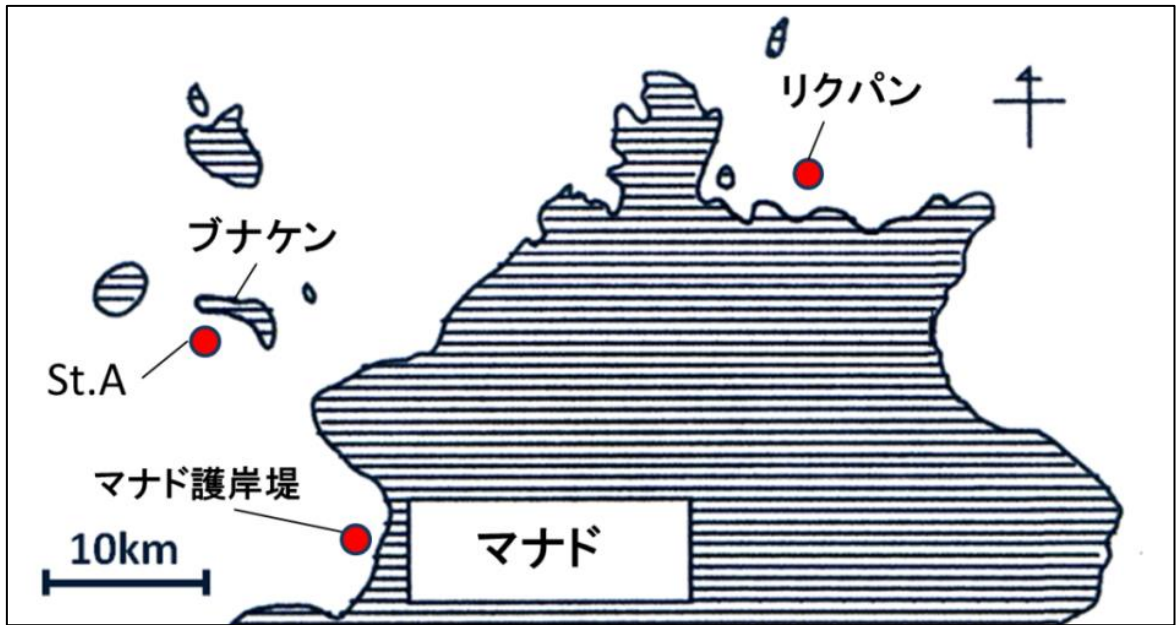


図 2-1 移植実験海域（マナド護岸堤，St.A，リクパン）



図 2-2 マナド護岸堤の海底景観



図 2-3 St.A の海底景観



図 2-4 リクパン海域景観



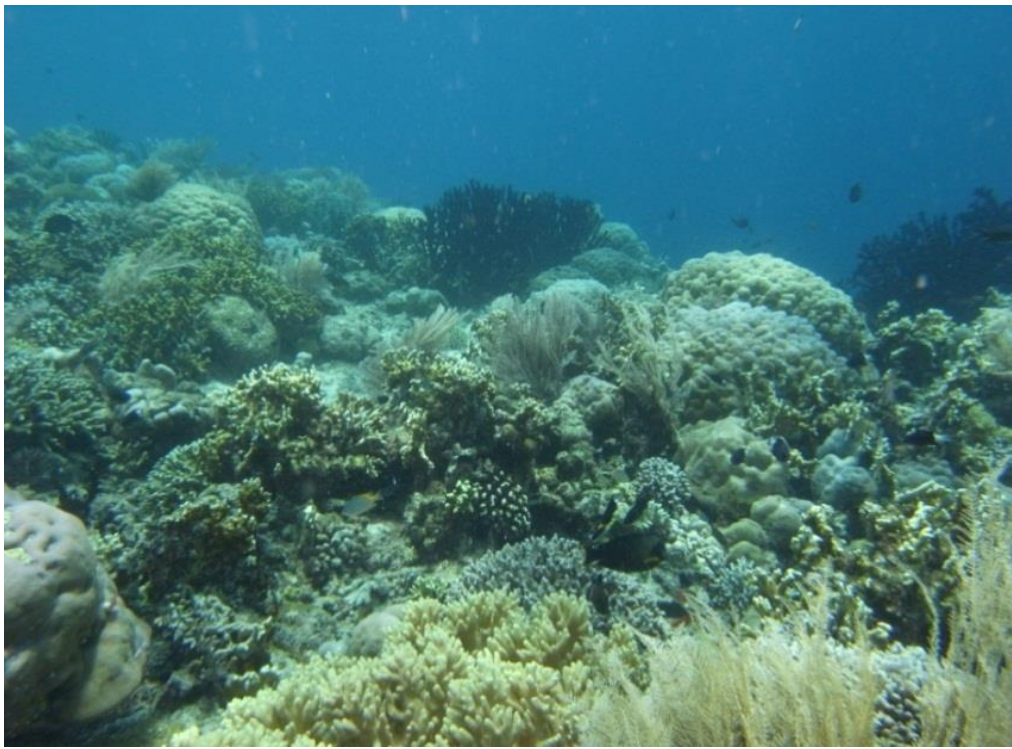


図 2-5 ブナケン島西の海底景観

## 2.2 実験材料

実験には 2006 型（図 2-6）及び 2012 型（図 2-7）スラグセラミック製着床具を用いた。これら着床具は、金型プレスによって鉄鋼スラグを成型し作られる。スラグセラミックは高強度・多孔質であり、溶出物がなく生態環境に悪影響を与える恐れはない。また、サンゴ幼生の着生に前処理を要しない。

2006 型着床具は上面、下面、下面溝、側面、側面溝、スペーサー部、連結孔、連結挿入部の 8 つの部位から構成されている。着床具の大きさは直径 43.0mm、高さ 27.0mm、下面溝部の奥行きおよそ 12.5mm となっている。10 個を重ねて 1 束とし、10 束（合計 100 個）を専用の樹脂ケースに装填し 1 ケースとする。

2012 型着床具は、2006 型以降形状の改良を行ったものであり、上面に溝部を有し、さらにプラスチック棒を挿入する孔部を 2 箇所有する。着床具の大きさは直径 40mm、高さ 25mm、下面溝部の奥行きおよそ 9.5mm である。11 個を重ねて 1 束とし、8 束（合計 88 個）を専用の樹脂ケースに装填し 1 ケースとする。

また、移植を行う人工基盤として 1t 型マリネブロック（図 2-8）を用いた。マリネブロックの素材は製鉄副産物として生成されるスラグを砕き、型枠に充填し、炭酸ガスを吹き込んで固定させたものである（鉄鋼スラグ炭酸固化体）。スラグ粒子の周囲に厚さ 10–100 $\mu$ m の炭酸カルシウム被膜が存在し、それが多孔質・網目状に広がる組織構造を持つ（気孔率 25–42%）。コンクリートブロックよりもアルカリ成分の溶出は少なく、生物親和性が高いため、藻類やサンゴの着生基盤としても使われる（磯雄ら 2000, 藪田ら 2004, Roeroe *et al.* 2009）。本実験では、たて 1.0m×横 1.0m×高さ 0.5m のものを使用した。



図 2-6 2006 型スラグセラミック製着床具

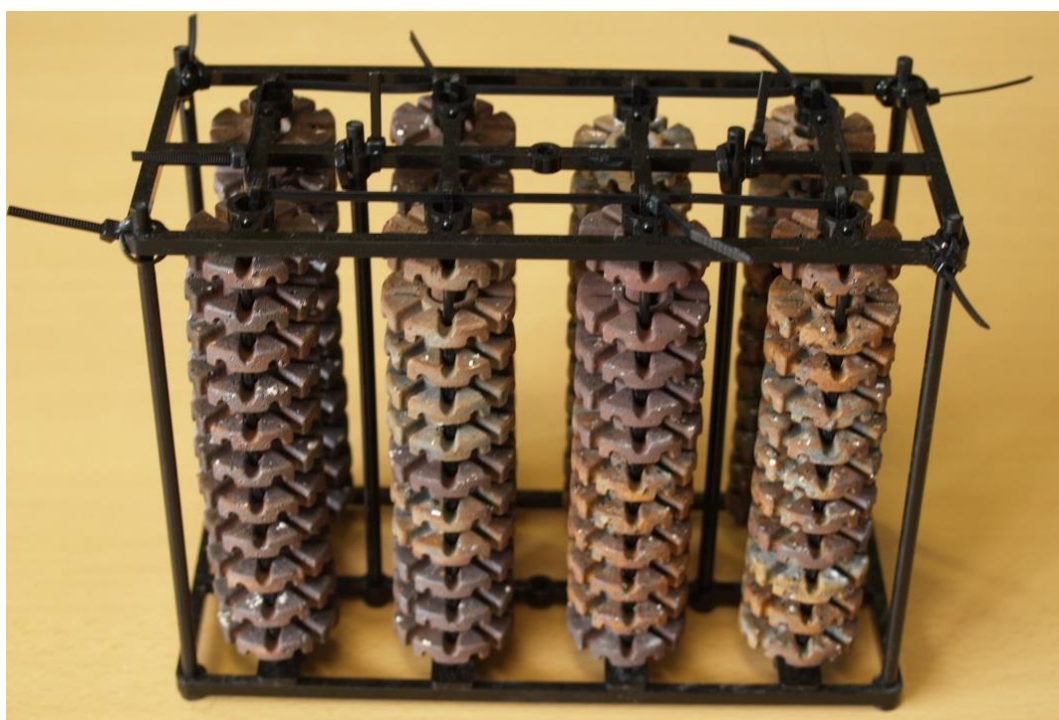


図 2-7 2012 型スラグセラミック製着床具





図 2-8 1t 型マリンプロック

## 2.3 実験方法

本実験は 2009 年 5 月開始以降，継続して移植サンゴ種苗の獲得，追加移植及びモニタリングを行う継続管理型再生実験とした．

### 2.3-1 移植サンゴ種苗の獲得(2009 年 5 月)

移植実験に用いるサンゴ種苗を獲得するため，2009 年 5 月 9 日，ミドリイシ属幼生の加入が期待されるマナド護岸堤の海底に 2006 型着床具を 18 ケース(着床具 1800 個)設置した．しかし数回のモニタリングの結果，マナド護岸堤は生活排水等の影響で富栄養化していたため着生したサンゴの生残が難しいと判断した．

そのため，同年 8 月 25 日，ケース状のまますべての着床具を海水が清浄であり静穏な海域である St.A に移動した．移動した着床具は，移植日の 2010 年 11 月 16 日まで St.A の海底に設置し続け，着生したサンゴを育成させた．

### 2.3-2 リクパン海域へのマリنبロック設置

2010 年 11 月 14 日－15 日にかけて，リクパン海域の海底に 1-10 の番号を付した 10 基の 1t 型マリنبロック (1.0×1.0×0.5m) を設置した．マリنبロック上面には陸上にてドリルを用いて着床具を挿入・固定するための穴を穿孔した．穴は 1－9 番のマリنبロックには 12 個，10 番のマリنبロックには 96 個穿孔した．マリنبロックは船からクレーンを用いて水中へ降下し，仮置きした後，アクア・リフターを用いて位置の調整を行うことで所定の位置へ配置した(図 2-9, 2-10)．設置水深は 7 - 8m である．

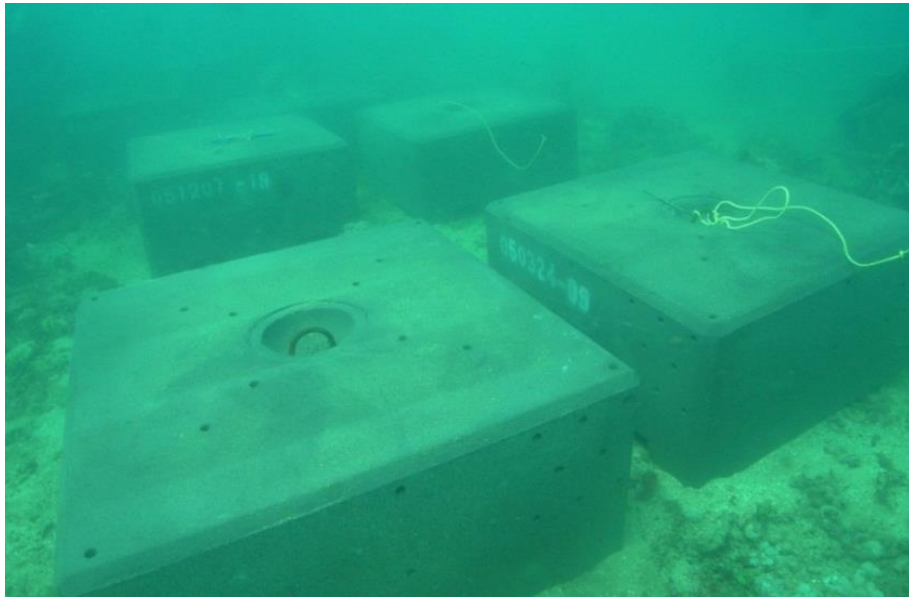


図 2-9 配置されたマリنبロック

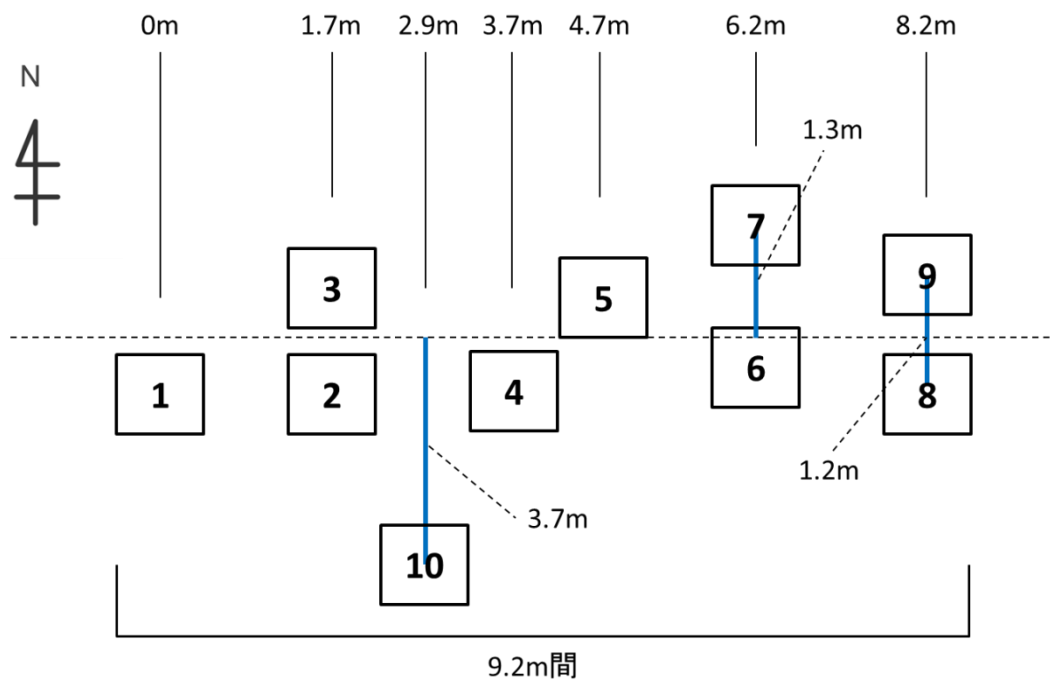


図 2-10 マリنبロック配置図と番号

### 2.3-3 サンゴの移植

2010 年 11 月 16 日, St.A から 18 ケースの着床具をリクパン海域へ移動した。移動の際には, 着床具ケースを海水ごと船上のポリバケツに入れ, 20 分毎に 3 分の 1 の海水交換を行った。移動後, リクパン海域海底にて 18 ケースすべてを解体し, 着生状況の記録と移植に用いるサンゴの選別を行った (図 2-11)。着床具は, マリンブロック上面にあけた穴に着床具の脚部を挿入して水中ボンドで固定する (図 2-12)。本実験では, 選別により得られた合計 213 群体 (着床具 204 個) のサンゴを 10 基のマリンブロックに移植し実験を開始した (図 2-13)。移植サンゴの分類は, ミドリイシ属, ハナヤサイサンゴ科, ハマサンゴ科, コモンサンゴ属, シコロサンゴ属, キクメイシ科, その他のサンゴの 7 つの分類である (図 2-14)。移植したサンゴの内訳を表 2-1 に, 各マリンブロック上の着床具配置図を図 2-15 に示す。移植したサンゴは数ヶ月おきに生育状況の経過観察を行った。観察の際には水中カメラでスケール入りの写真を撮影し, 画像処理ソフト Image-J を用いて最大直径を計測した。観察は 2010 年 11 月 16 日-17 日 (移植日), 2011 年 9 月 16 日, 2012 年 3 月 31 日-4 月 3 日, 2012 年 8 月 12 日, 2013 年 3 月 30 日-31 日, 2013 年 8 月 29 日-9 月 4 日, 2014 年 5 月 16 日-19 日の計 7 回行った。観察項目は, 着床具の脱落状況, 移植サンゴの生残及び成長である。



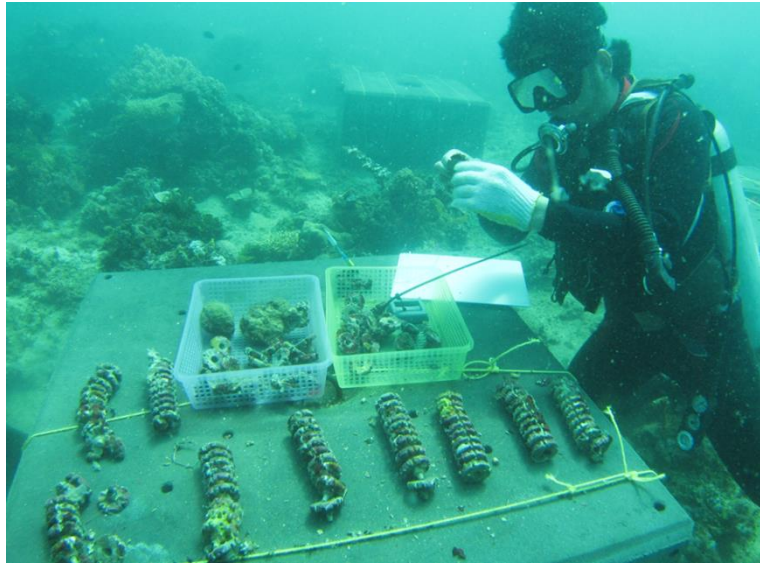


図 2-11 移植用サンゴの選別



図 2-12 着床具の固定

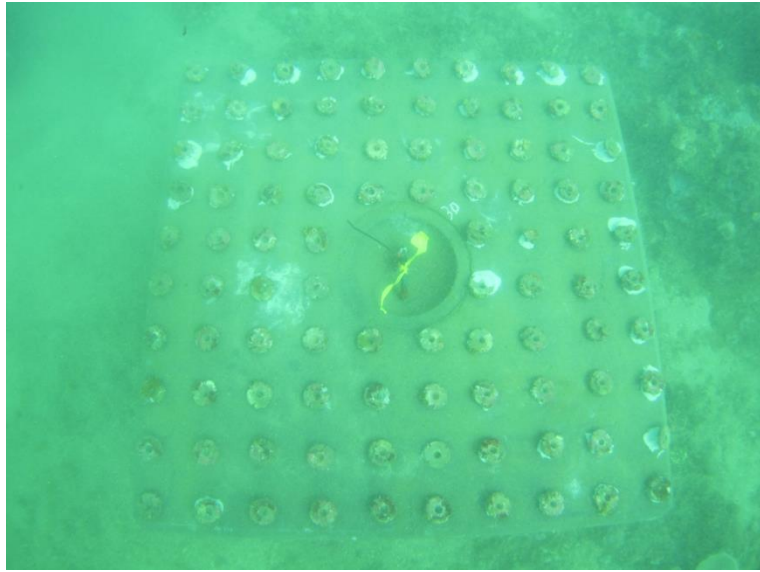


図 2-13 移植直後のマリンブロック上面 (No.10)

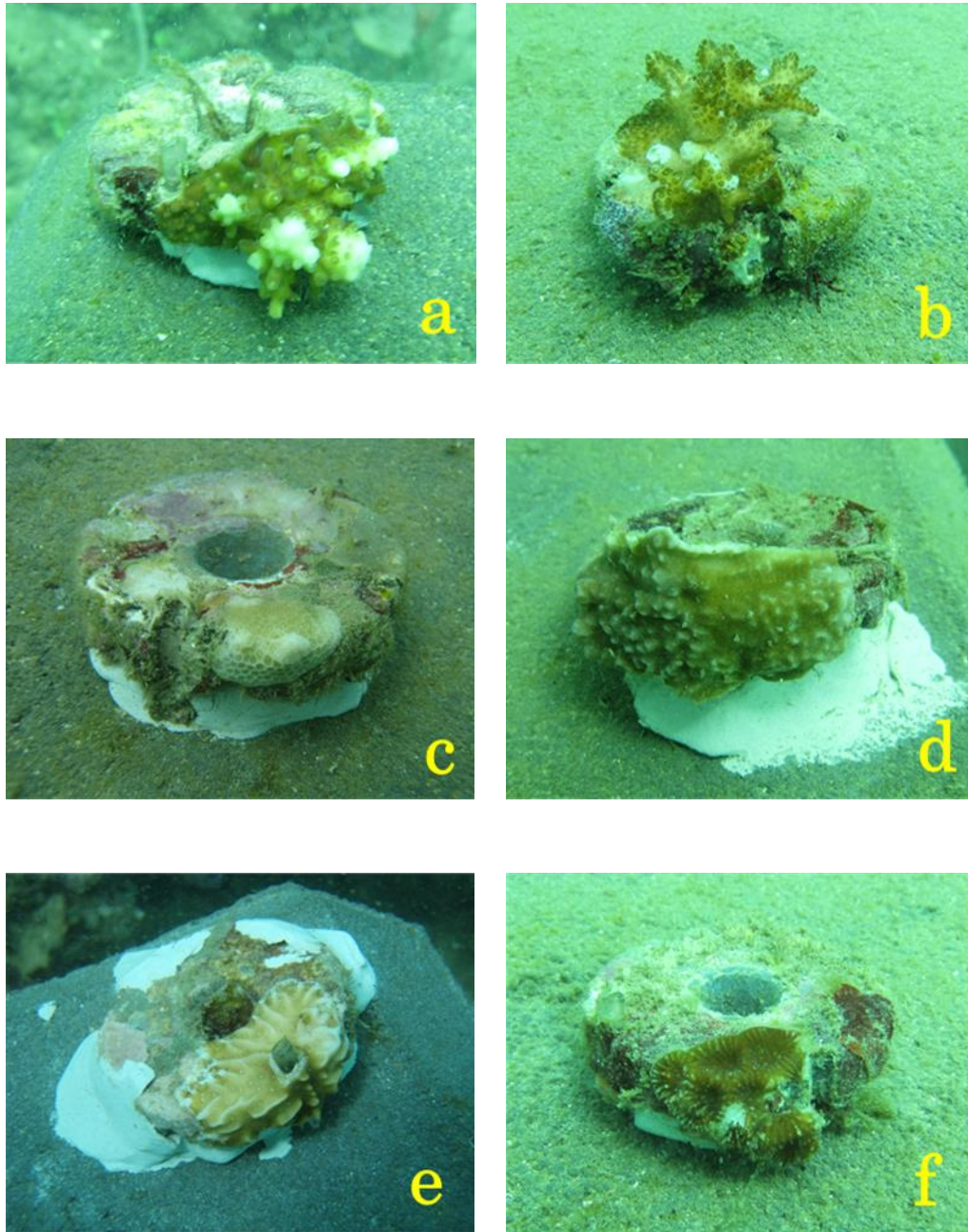


図 2-14 移植直後のサンゴの様子

a : ミドリイシ属      b : ハナヤサイサンゴ科      c : ハマサンゴ科  
d : コモンサンゴ属      e : シコロサンゴ属      f : キクメイシ科

表 2-1 移植サンゴ内訳

分類	マリブブロック No.										総数 (群体)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ミドリイシ属	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5
ハナヤサイサンゴ科	2	0	0	0	1	1	0	4	4	6	18
ハマサンゴ科	2	1	3	2	1	1	4	2	2	17	35
コモンサンゴ属	3	5	0	1	3	2	1	2	2	11	30
シコロサンゴ属	4	5	3	5	6	7	6	3	1	35	75
キクメイシ科	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	6
その他のサンゴ	1	2	5	4	1	2	1	1	1	26	44
計(群体)	13	13	12	12	13	13	13	12	13	99	213

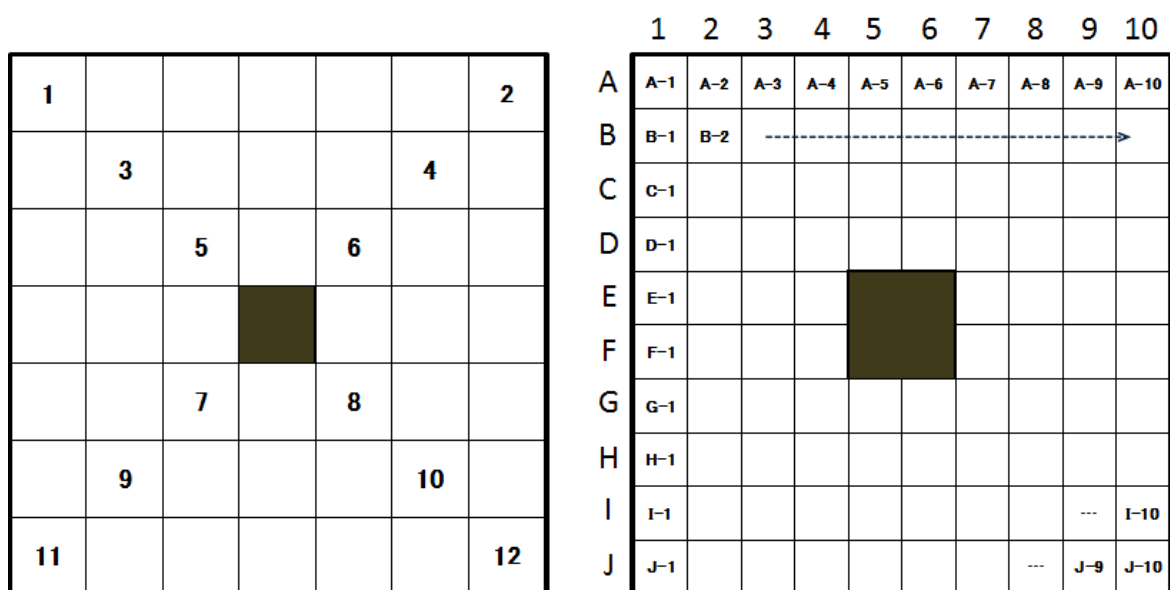


図 2-15 マリブブロック上面における着床具の配置（左：1-9 番，右：10 番）

#### 2.3-4 追加移植（2012 年 3 月，8 月，2013 年 8 月）

2012 年 3 月，8 月及び 2013 年 8 月に，継続管理型再生実験としてミドリイシ属が生育した着床具をマリンブロックへ随時追加移植した．

2012 年 3 月には，2010 年 4 月にブナケン島東部とマナド北部のムラスに設置した着床具から，生育したミドリイシ属を 8 群体（着床具 8 個）選別して移植した．2012 年 8 月には，2010 年 4 月にブナケン島西部とマナド護岸堤に設置した着床具から 13 群体（着床具 13 個）を移植した．そして，2013 年 8 月には，2012 年 3 月にブナケン島西部に設置した着床具から，13 群体（着床具 13 個）を移植した（図 2-16）．ブナケン島西部は 2010 年から 2012 年の間に行われた着生海域選定実験により，他の海域と比べミドリイシ属を始め様々なサンゴ種の着生及び生育が期待できるとされた海域である（福嶋 2013）．

追加移植の移植箇所は 2010 年 11 月に移植を行ったマリンブロック上面の空いている部分を用いた（図 2-17）．移植を行う前に，タワシやヘラを用いてマリンブロック表面に付着した藻類等をはがすように清掃した後，水中ドリルであけた移植用の孔へ着床具の脚部を挿入し，水中ボンドで固定した．



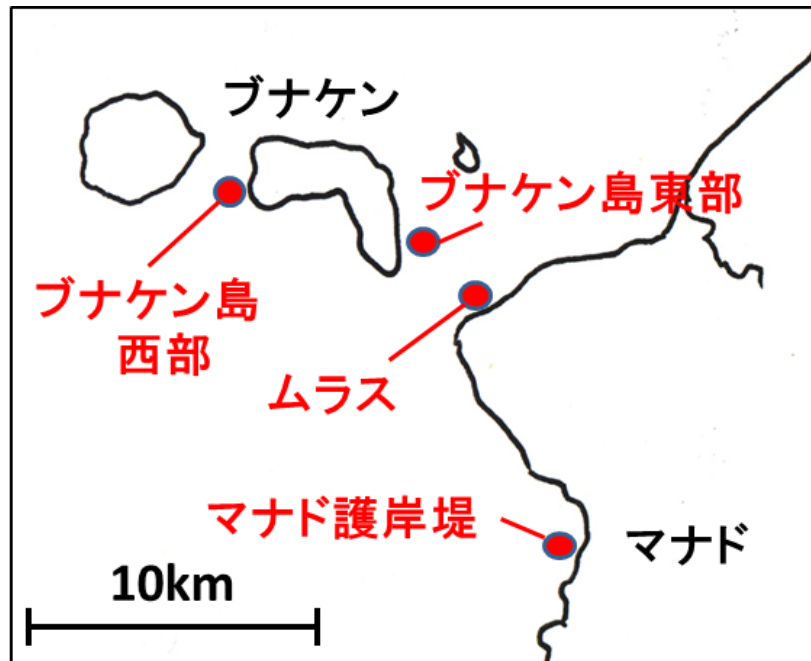


図 2-16 追加移植種苗着生海域

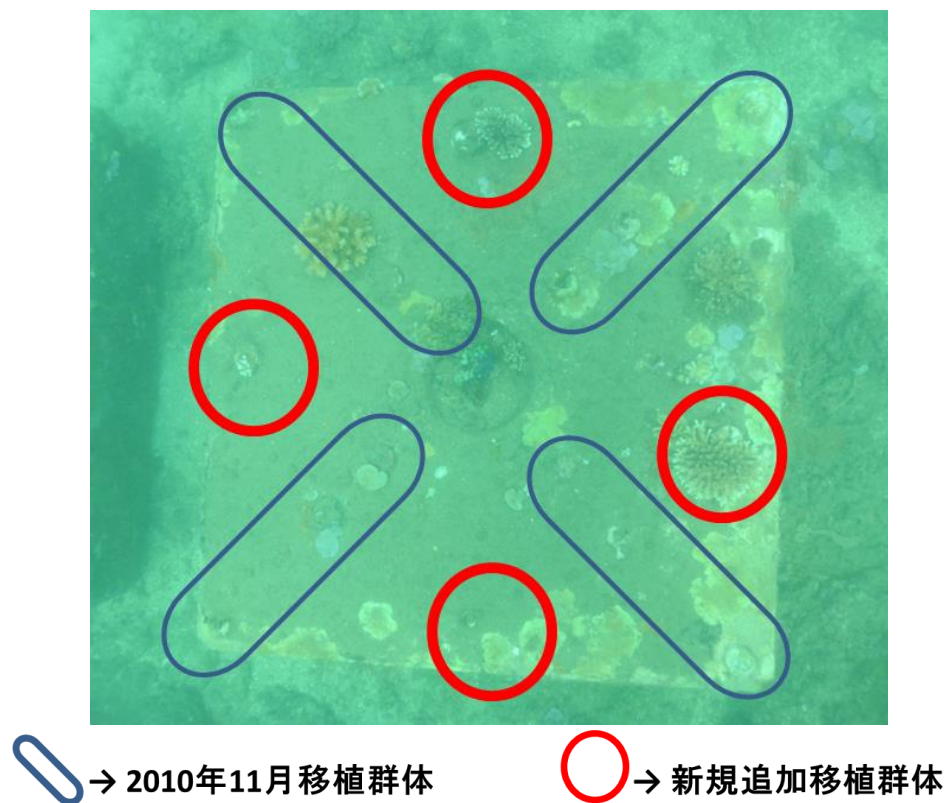


図 2-17 追加移植箇所

## 第Ⅲ章 結果

### 3-1 群体数推移

#### (1) 2010 年 11 月移植

2010 年 11 月に移植したサンゴの 2012 年 8 月観察時点の生残群体数は（福島 2013）が報告しているように、ミドリイシ属が 4 群体（移植数 5 群体）、ハナヤサイサンゴ科が 15 群体（移植数 18 群体）、ハマサンゴ科が 11 群体（移植数 35 群体）、コモンサンゴ属が 6 群体（移植数 30 群体）、シコロサンゴ属が 12 群体（移植数 75 群体）、キクメイシ科が 4 群体（移植数 6 群体）、その他のサンゴが 9 群体（移植数 44 群体）であった。

その後 2013 年 3 月、8 月及び 2014 年 5 月にモニタリングを行った結果、ミドリイシ属は 2014 年 5 月観察時まで 4 群体全てが生残したが、ハナヤサイサンゴ科は 8 群体（死亡 7 群体）、ハマサンゴ科は 4 群体（死亡 7 群体）、コモンサンゴ属は 1 群体（死亡 5 群体）、シコロサンゴ属は 3 群体（死亡 9 群体）、キクメイシ科は 3 群体（死亡 1 群体）、その他のサンゴは 5 群体（死亡 4 群体）に減少した。形状が被覆状であるサンゴ群体へ藻類が被覆したことによる死亡が多く、また、白化していた群体も確認できた。

2010 年 11 月の移植時から 2014 年 5 月に行った最終観察までの生残率（着床具脱落に伴う群体数減少を除く）は、ミドリイシ属が 100%、ハナヤサイサンゴ科が 47.1%、ハマサンゴ科が 12.9%、コモンサンゴ属が 3.7%、シコロサンゴ属が 4.5%、キクメイシ科が 50%、その他のサンゴが 12.8%であった。

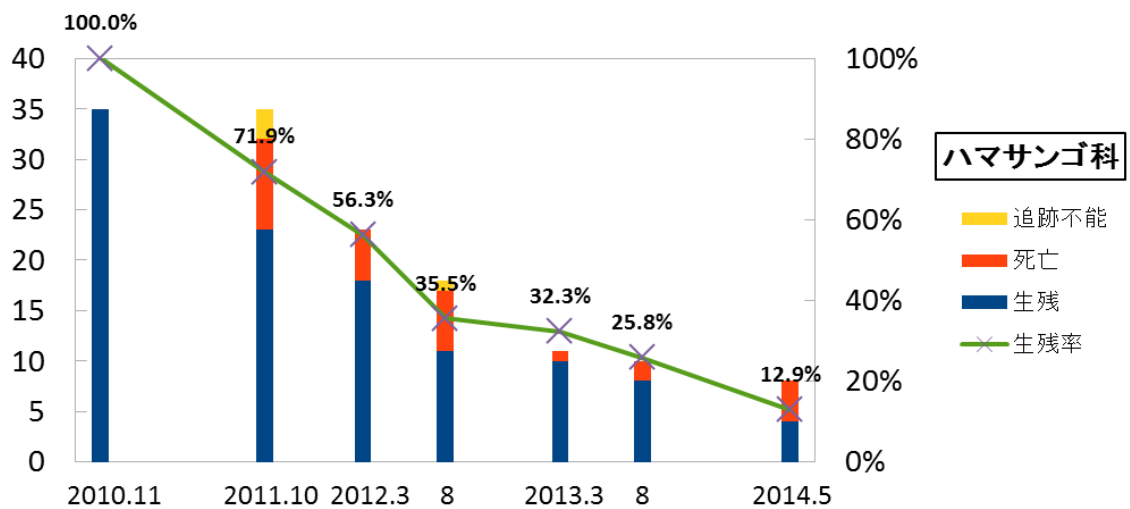
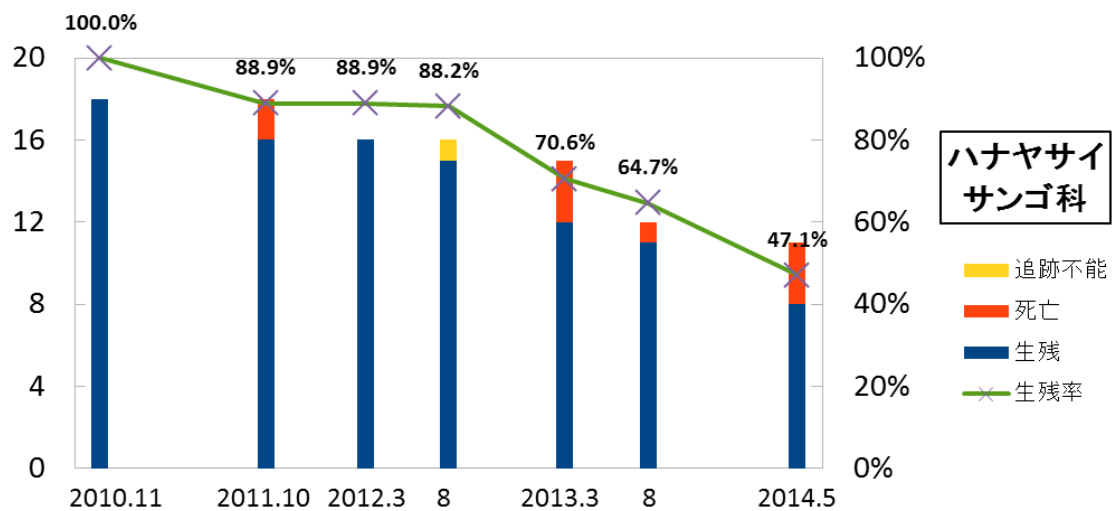
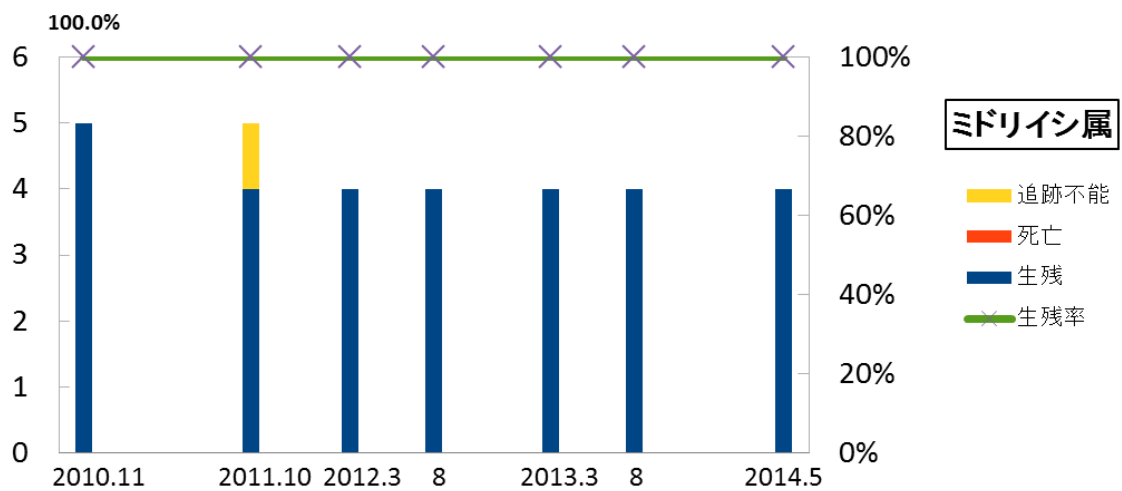


図 3-1 移植サンゴ群体数・生残率推移

(ミドリイシ属, ハナヤサイサンゴ科, ハマサンゴ科)



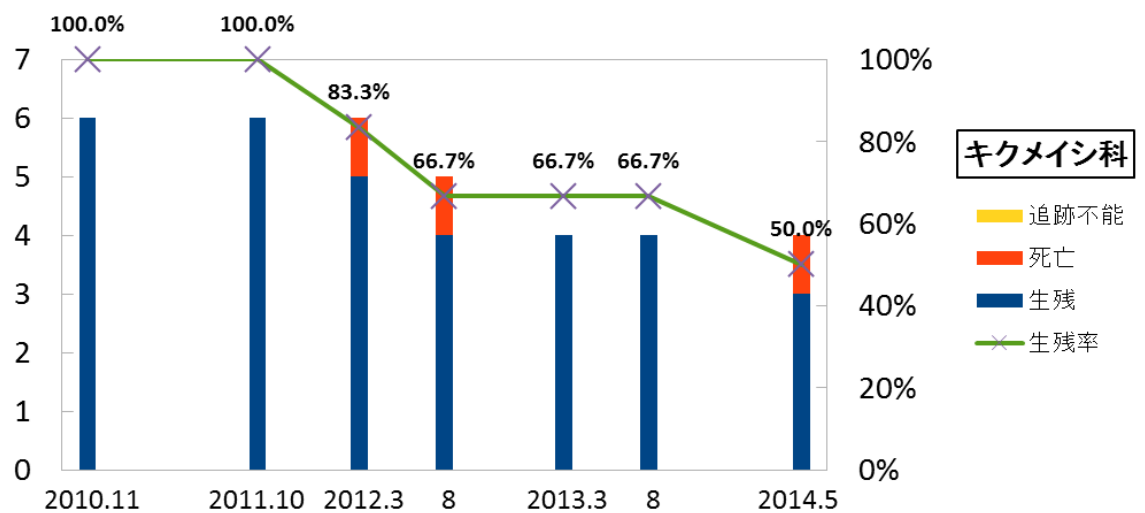
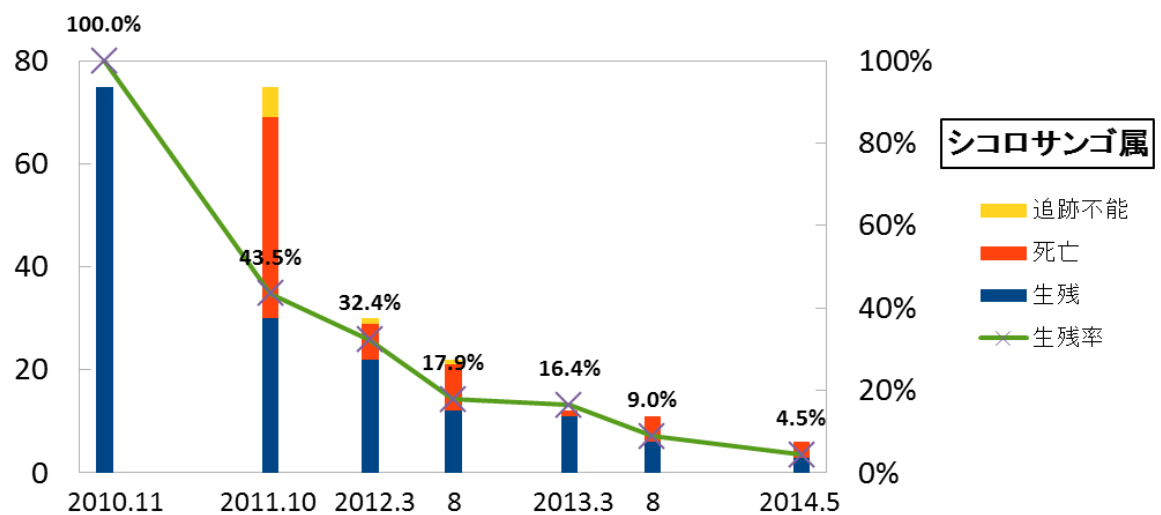
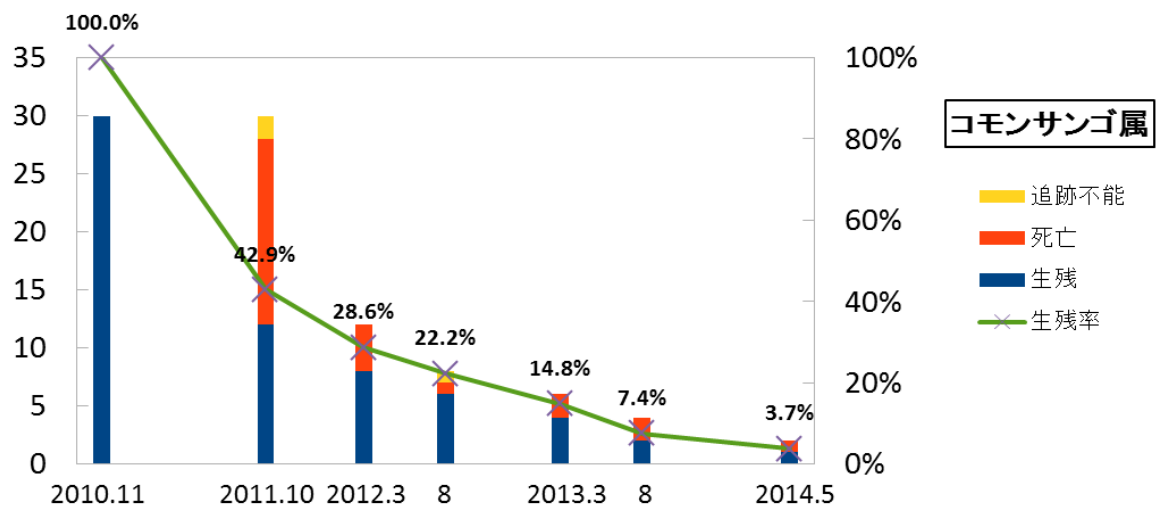


図 3-2 移植サンゴ群体数・生残率推移

(コモンサンゴ属, シコロサンゴ属, キクメイシ科)

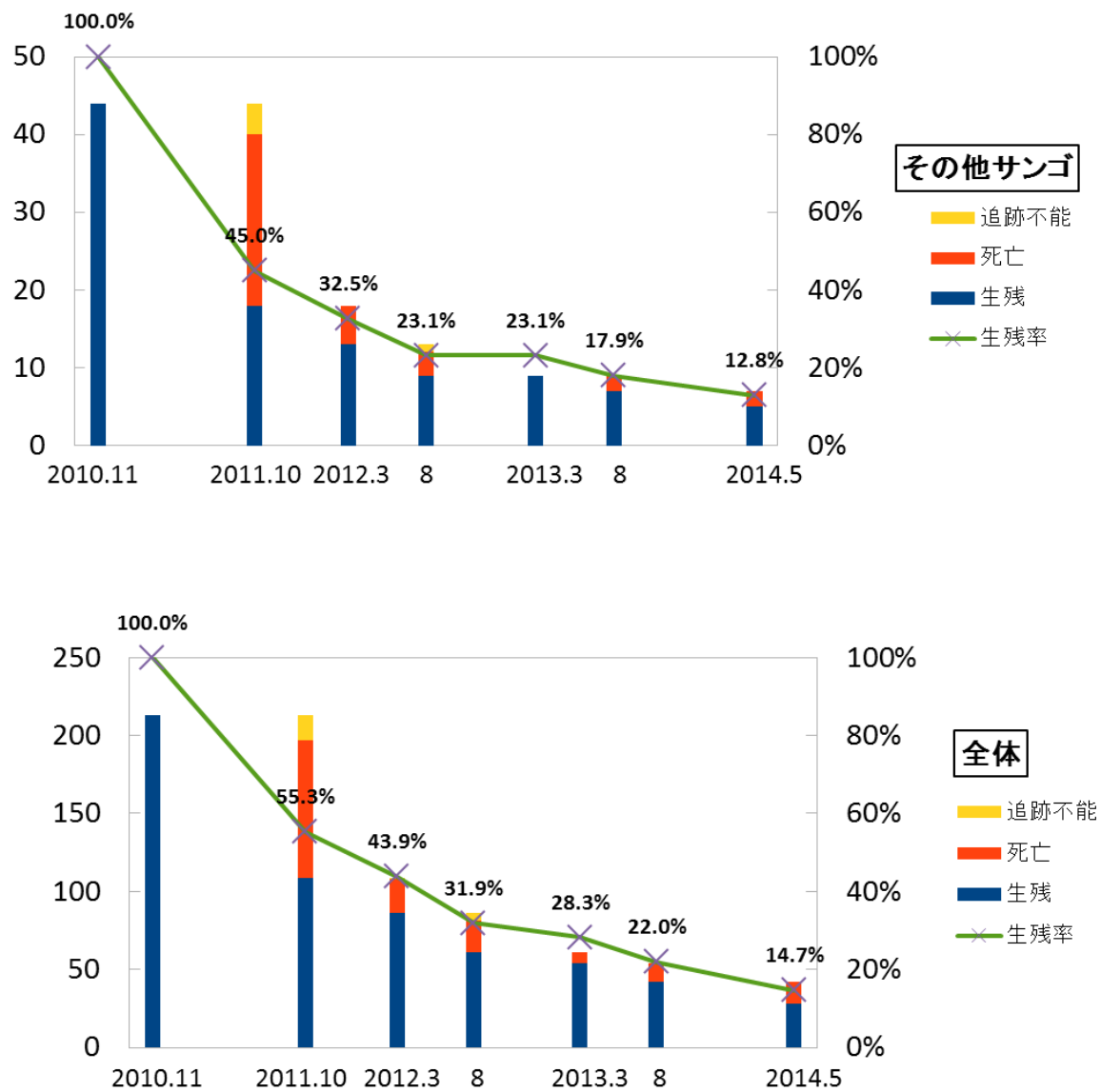


図 3-3 移植サンゴ群体数・生残率推移  
(その他のサンゴ, 全体)

## (2) 追加移植

2012 年 3 月、8 月及び 2013 年 8 月に継続管理型再生実験として、ミドリイシ属の着生・成長が目視により確認された着床具をマリンブロック上面へ追加移植した。

2012 年 3 月に移植した 8 群体は、同年 8 月に観察した時点で 7 群体が着床具脱落により消失し、残り 1 群体も 2013 年 8 月観察時点で着床具脱落により消失していた。

2012 年 8 月に移植した 13 群体は、2013 年 3 月観察時点で 5 群体が着床具脱落により消失し、1 群体が藻類被覆により死亡していた。さらに 2013 年 8 月観察時点で 2 群体が着床具脱落により消失し、1 群体が藻類被覆により死亡していた。2014 年 5 月の最終観察時には、着床具脱落による消失と藻類被覆による死亡が 1 群体ずつ確認され、残り 2 群体は縮小することなく生残していた。

2013 年 8 月に移植した 13 群体は 2014 年 5 月の最終観察時には 11 群体が着床具脱落により消失し、2 群体が生残していた。

表 3-1 固定した追加着床具数の推移

追加移植 (年/月)	観察時期 (年/月)				
	12/3	12/8	13/3	13/8	14/5
12/3	8	1	1	0	0
12/8		13	7	4	2
13/8				13	2
脱落数	0	7	5	3	12

### (3) 着床具脱落率

移植後に定期的なモニタリングを行う中で、マリンプロック上面から移植着床具の脱落による消失が確認された。2014 年 5 月に行った最終観察時まで、2010 年 11 月に移植した着床具は 204 個中 30 個が脱落し（脱落率 14.7%）、2012 年 3 月以降に追加移植した着床具 34 個中 27 個が脱落により消失していた（脱落率 79.4%）。

## 3-2 成長推移

### (1) 2010 年 11 月移植

2010 年 11 月－2012 年 8 月間の移植サンゴの種別成長推移は（福嶋 2013）により報告されているが、さらに 2014 年 5 月の最終観察まで生残していた群体について、ミドリイシ属、ハナヤサイサンゴ科、ハマサンゴ科の成長推移を（図 3-4,5,6）に示す。なお、移植に用いたサンゴは、種苗獲得及び育成のため着床具を海底に設置していた 2009 年 5 月－2010 年 11 月の期間に着生したものであるため、移植時において着生後 0－18 ヶ月の群体である。

ミドリイシ属は移植時から 2014 年 5 月まで 4 群体が生残・成長していた。追跡調査を行う度に、樹枝の伸長を伴う順調な成長が 4 群体全てで確認できた。藻類被覆や骨格の損傷による縮小もなく、2014 年 5 月段階で最も成長した群体の最大直径は約 478mm（MB30-D-9, 図 3-7）であった。

ハナヤサイサンゴ科は 2014 年 5 月まで 8 群体が生残・成長していたが、藻類被覆による縮小が 2 群体で確認された。2014 年 5 月段階で最も成長した群体の最大直径は約 224mm（MB21-3, 図 3-8）であった。

ハマサンゴ科は 2014 年 5 月まで 4 群体が生残・成長していた。しかし、全群体に藻類被覆による縮小が確認された。最も成長していた 2013 年 8 月段階の最大直径は約 63mm だったが、2014 年 5 月段階では約 48mm（MB30-D-3, 図 3-9）に縮小していた。

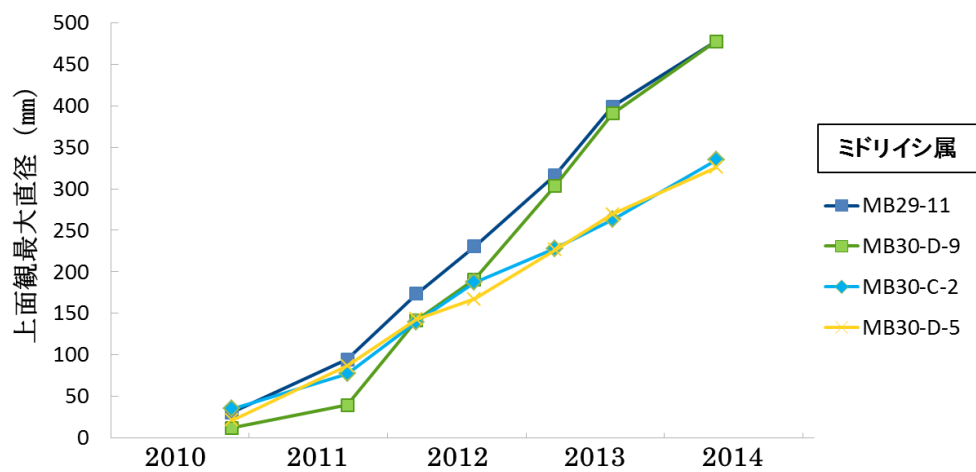


図 3-4 移植ミドリイシ属の成長曲線（4 群体）

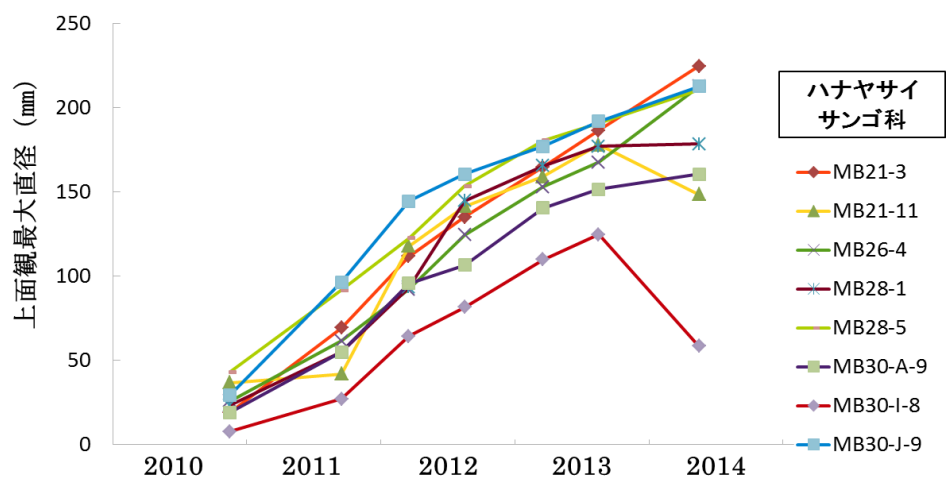


図 3-5 移植ハナヤサイサンゴ科の成長曲線（8 群体）

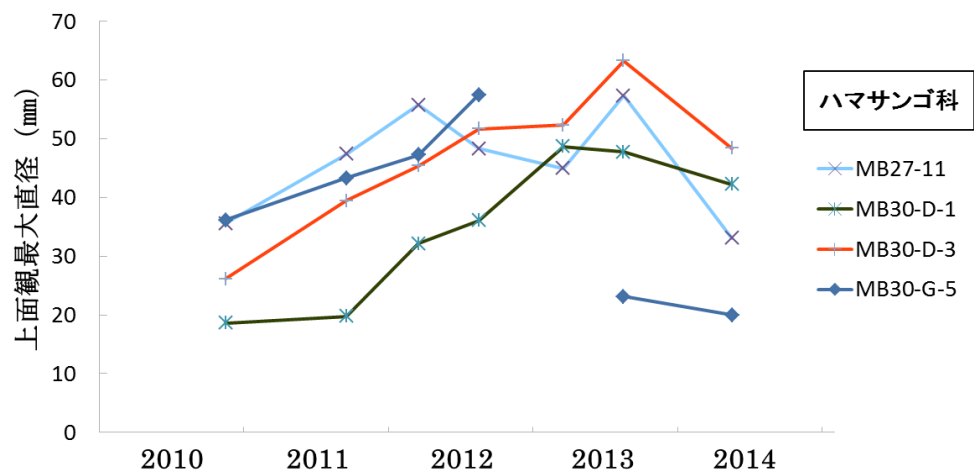


図 3-6 移植ハマサンゴ科の成長曲線（4 群体）

## (2) 追加移植

2012 年 3 月、8 月及び 2013 年 8 月に追加移植を行ったミドリイシ属 34 群体のうち、2014 年 5 月段階で生残が確認されたものは 2012 年 8 月移植と 2013 年 8 月移植がそれぞれ 2 群体ずつ、合計 4 群体であった。2012 年 8 月の追加移植に用いた着床具は 2010 年 4 月－2012 年 8 月の期間に設置していたことから、移植時の種苗サンゴは着生後 0－28 ヶ月である。さらに、2013 年 8 月の追加移植に用いた着床具は 2012 年 3 月－2013 年 8 月の期間に設置していたことから、移植時の種苗サンゴは着生後 0－17 ヶ月である。

2012 年 8 月に追加移植を行い、2014 年 5 月段階で生残・成長が確認できたミドリイシ属は、最大直径が 259mm 及び 310mm であった (図 3-10)。

2013 年 8 月に追加移植を行い、2014 年 5 月段階で生残・成長が確認できたミドリイシ属は、最大直径が 44mm 及び 51mm であった (図 3-11)。

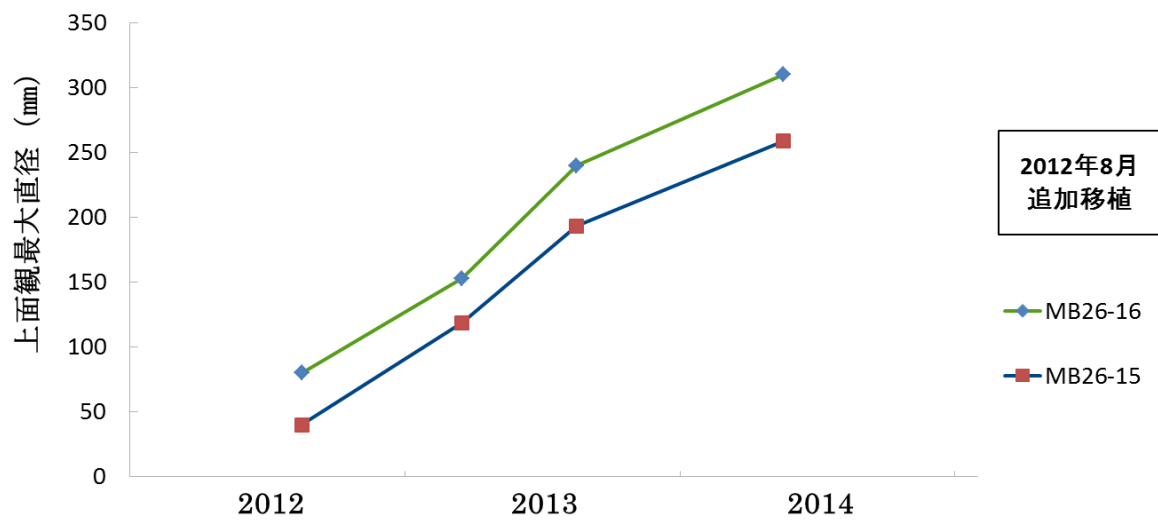


図 3-10 2012 年 8 月移植ミドリイシ属の成長曲線 (2 群体)

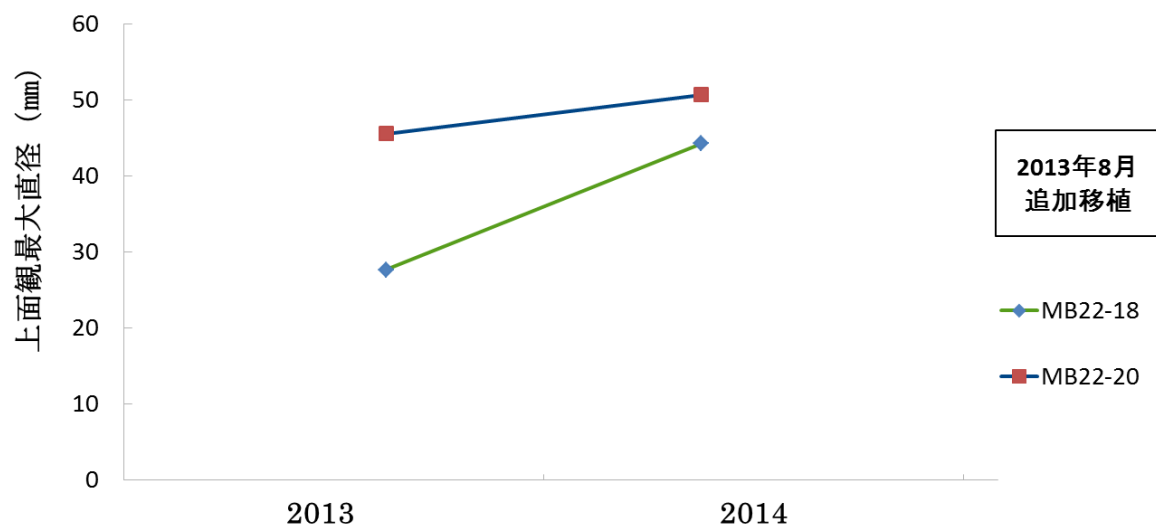


図 3-11 2013 年 8 月移植ミドリイシ属の成長曲線 (2 群体)



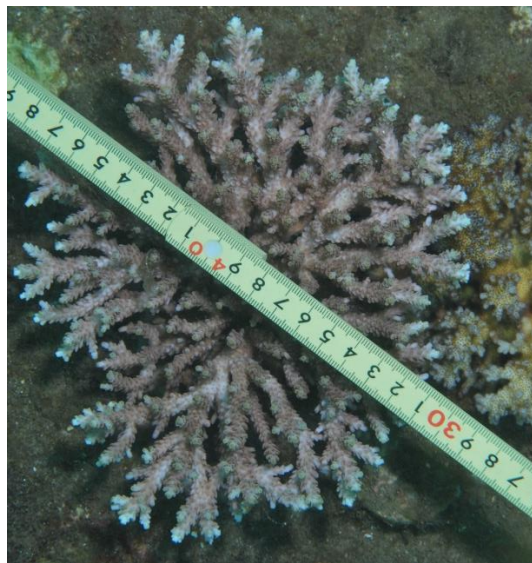


图 3-10

### 3-3 移植ミドリイシ属の種の同定

2010 年 11 月, 2012 年 8 月に移植を行い 2014 年 5 月段階で生残・成長が確認できた 6 群体のミドリイシ属について, 上面観からの群体概形写真とポリプの形状を撮影したマクロ写真を用いて種の同定を行った.

その結果, 2010 年 11 月に移植し生残している 4 群体のミドリイシ属は, ハナバチミドリイシが 2 群体, ハナガサミドリイシが 2 群体であり, 2012 年 8 月に追加移植し生残している 2 群体のミドリイシ属は, ハナバチミドリイシが 1 群体, タチハナガサミドリイシが 1 群体であった (図 3-12, 13, 14).

なお, 2013 年 8 月に追加移植し生残しているミドリイシ属サンゴ 2 群体は, 群体形の形成が種同定可能なサイズまで達していないため, 現時点での同定は不可能だった. ただし, 2014 年 5 月時点の形状から樹枝状を形成するミドリイシ属であることは明らかであり, 移植実験において初めての樹枝状ミドリイシ属だった (図 3-15).





図 3-12 ハナバチミドリイシ  
(上から 2010 年 11 月移植 2 群体, 2012 年 8 月移植)



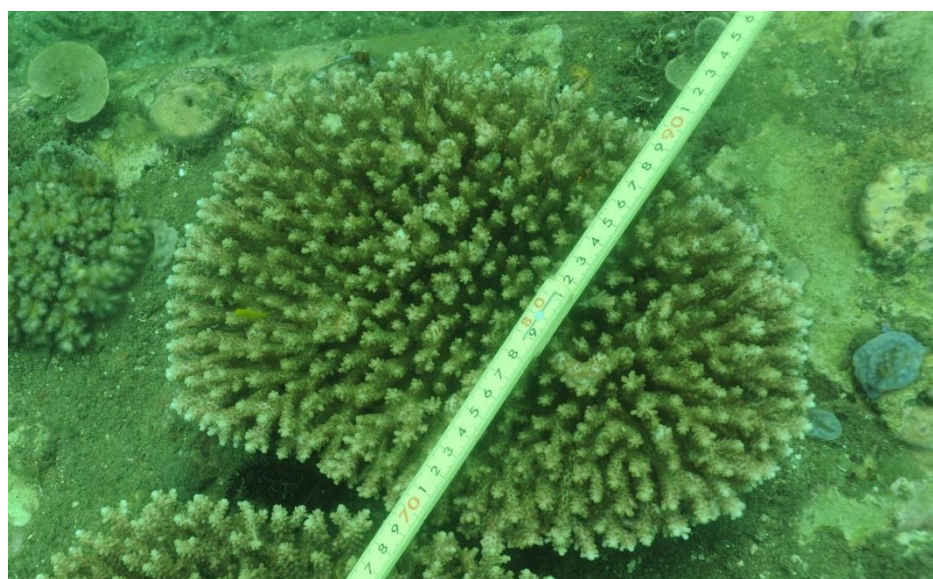


図 3-13 ハナガサミドリイシ (2010 年 11 月移植)

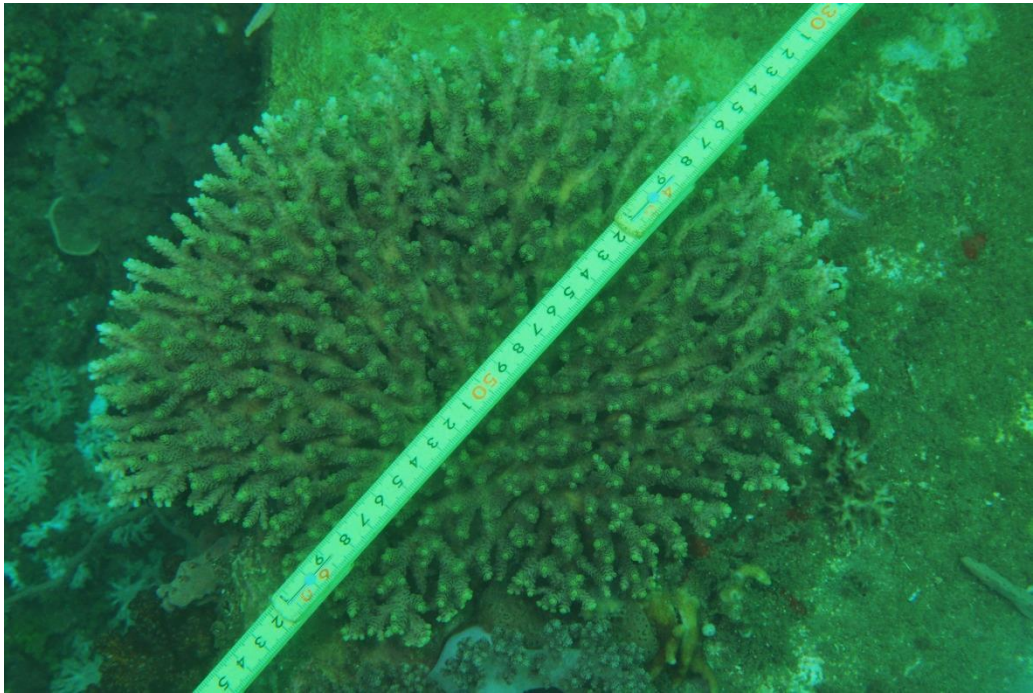


図 3-14 タチハナガサミドリイシ (2012 年 8 月移植)



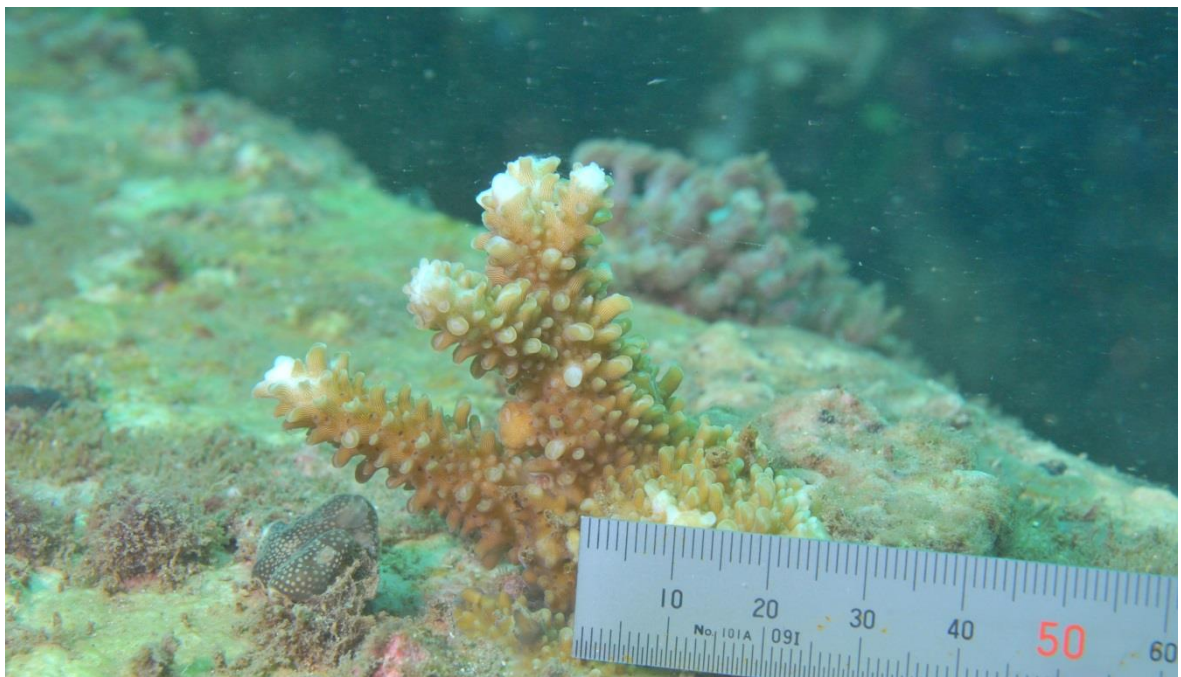
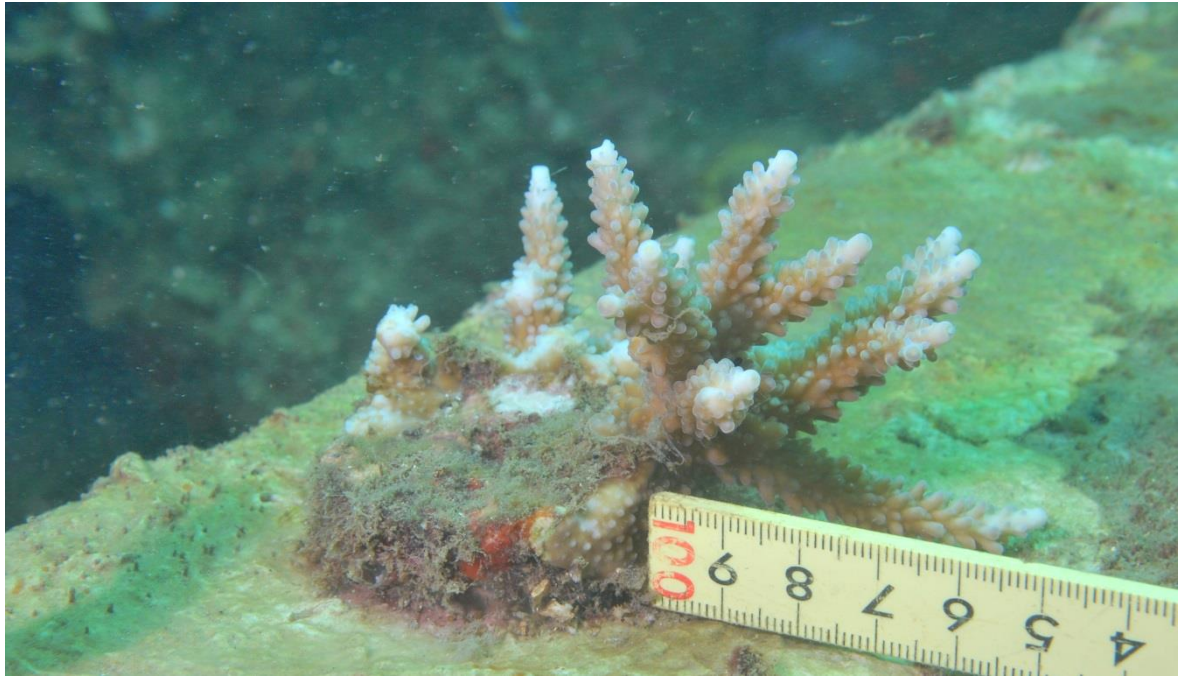


図 3-15 樹枝状ミドリイシ属 (2013 年 8 月移植)

## 第IV章 考察

### 4-1 群体数・成長推移

#### (1) 2010 年 11 月移植

2010 年 11 月に移植したサンゴは 2014 年 5 月段階までの生残率より、ミドリイシ属 (100%)、ハナヤサイサンゴ科 (47.1%)、キクメイシ科 (50%) が他サンゴ種に対し高い値となった。これに関しては(福嶋 2013)により、マリنبロック上へ移植した後は、被覆状に群体形成を行うハマサンゴ科やコモンサンゴ属に比べ、樹枝を上方へ成長させるミドリイシ属やハナヤサイサンゴ科、そして悪環境下に強いキクメイシ科の生残が優位であることが明らかである。

しかし、(福嶋 2013) が観察した 2012 年 8 月時点におけるハナヤサイサンゴ科の生残率は 88.2%であったが、本研究における 2014 年 5 月時点の観察で 47.1%に低下していた。これに関して、ハナヤサイサンゴ科の移植箇所が成長したミドリイシ属に隣接していたことが要因の一つとして挙げられる。隣接していたハナヤサイサンゴ科及びその他被覆状群体の中には、ミドリイシ属の急速な樹枝成長により上部空間を覆われている群体が複数確認できた(図 4-1)。それらの群体は其後の観察において、藻類被覆や白化による死亡または縮小が確認された。

加えて 2014 年 5 月時点で生残していた 4 群体のミドリイシ属のうち、3 群体は同じマリنبロック上に移植しており、それぞれが樹枝を伸長させて成長した結果、極めて密接して生残していた。この 3 群体の形状はテーブル型とコリンボース型であるが、どちらの形状も樹枝が同心円状に広がりながら成長する群体型である。そのため、今後の成長として両端の群体はマリنبロックからはみ出して成長を続けると推測できるが、間に挟まれている群体の成長速度は遅くなることが予想される(図 4-2)。



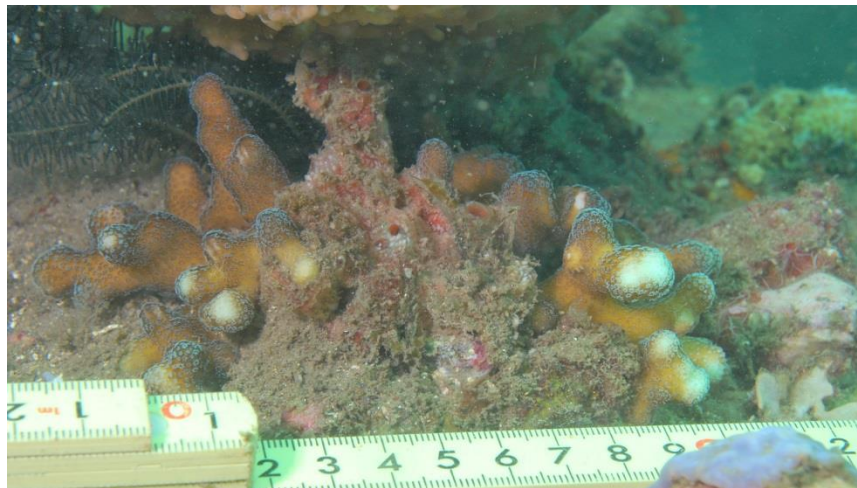


図 4-1 ミドリイシ属に隣接したハナヤサイ科 (MB30)  
2013 年 8 月 (上) 2014 年 5 月 (下)



図 4-2 密接して成長するミドリイシ属 (MB30)



## (2) 追加移植・着床具脱落率

2012年3月に追加移植したミドリイシ属は移植に用いた着床具8個全てが脱落し、消失していた。固定に用いた水中ボンドの量が不十分であったと考え、2012年8月と2013年8月の移植時には水中ボンドの量を増やして固定した。しかし、その後も着床具の脱落が続いたことから、マリンプロックを長期間に渡り海底へ設置したことによる経年劣化も要因として考えられる。基盤部が成長するに伴い、着床具を超えてマリンプロック上面に達し、サンゴ基盤部がマリンプロック表面へ固着することで着床具の固定が強化されることも期待できる。しかし、移植段階の改善策として、宮古島海域の再生実験で用いた釘と結束バンドによる移植固定方法を検討する必要がある（伊藤 2014 図 4-3）。



図 4-3 釘と結束バンドを用いた着床具移植（宮古島）

## 4-2 種の同定

種の同定をした6群体はハナバチミドリイシ、ハナガサミドリイシ、タチハナガサミドリイシであった。種別に成長速度を比較すると、2010年11月移植のハナバチミドリイシとハナガサミドリイシは、移植から1年後の観察まで成長速度に差はみられなかった。しかし、その後100mmを超えた後から成長速度に差が生じ始めた(図4-4)。この要因の一つとして、ハナバチミドリイシとハナガサミドリイシでは成長に伴い形成する群体型が異なるためであると考えられる。ハナバチミドリイシはテーブルのように水平方向へ樹枝を伸長させるテーブル型であるのに対し、ハナガサミドリイシはドーム状に上方へも樹枝を伸長させるコリンボース型である。このように異なる群体型へ成長していく2種間において、上面観最大直径による成長速度比較では、ハナバチミドリイシがハナガサミドリイシに比べ速い成長を示した。さらに、2012年8月に追加移植したタチハナガサミドリイシの最大直径は常にハナバチミドリイシを上回っていたものの、成長速度を比較すると両者は非常に近い傾向にあった。これはタチハナガサミドリイシがハナバチミドリイシ同様、テーブル状に成長していく群体型であると考えられる。このことから、ミドリイシ属の初期成長は群体型ごとに異なると考えられる。

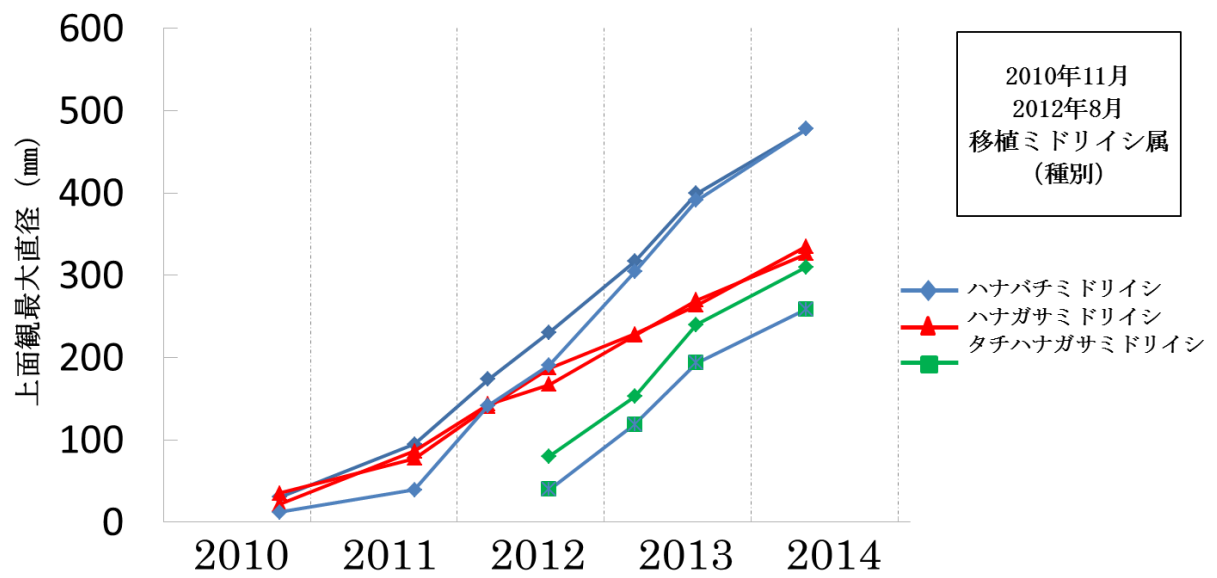


図 4-4 ミドリイシ属の種別成長推移 (6 群体)

さらにハナバチミドリイシの成長速度は、着生時期が異なる 2 群体を比較しても、両者とも年間の成長量が約 15cm であった（図 4-5）。そのため極めて似た成長傾向を示したタチハナガサミドリイシも、同様に年間約 15cm ずつ同心円状に樹枝を広げながら成長すると考えられる。ハナガサミドリイシの成長速度についても年間の成長量は約 10cm であった（図 4-6）。これら年間成長量の差に関しても、ハナバチミドリイシ及びタチハナガサミドリイシと、ハナガサミドリイシで成長に伴い形成する群体型が、異なるため生じていると考えられる。

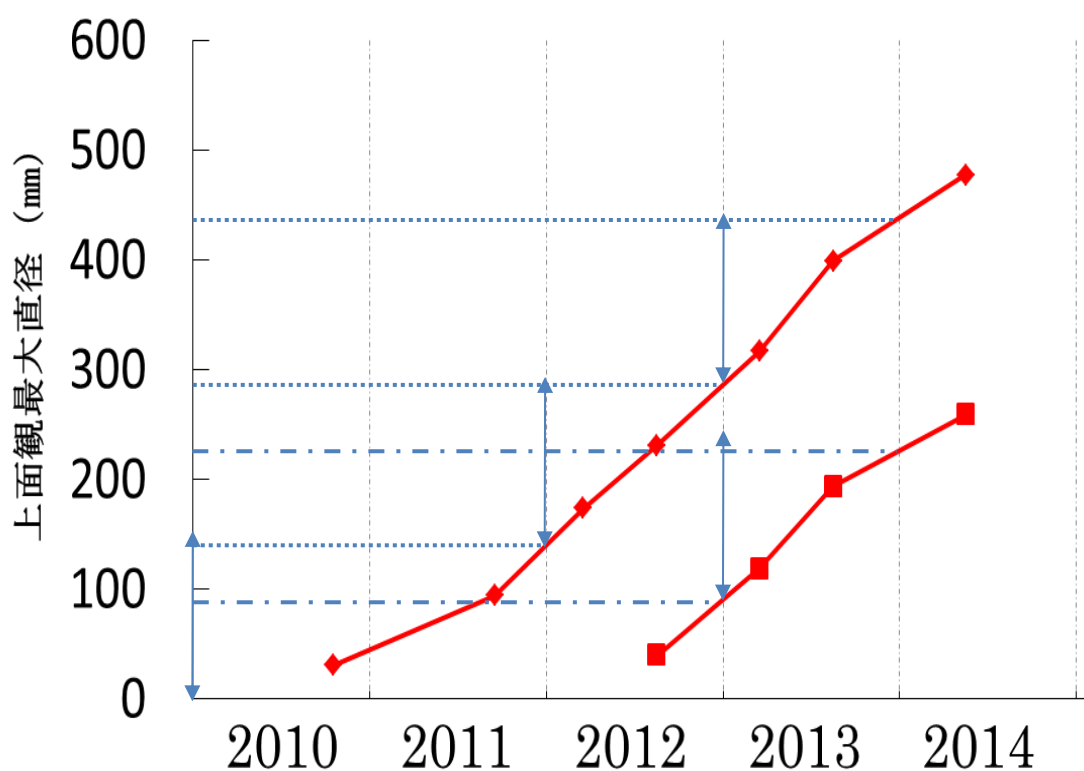


図 4-5 ハナバチミドリイシの年間成長量 (2 群体)

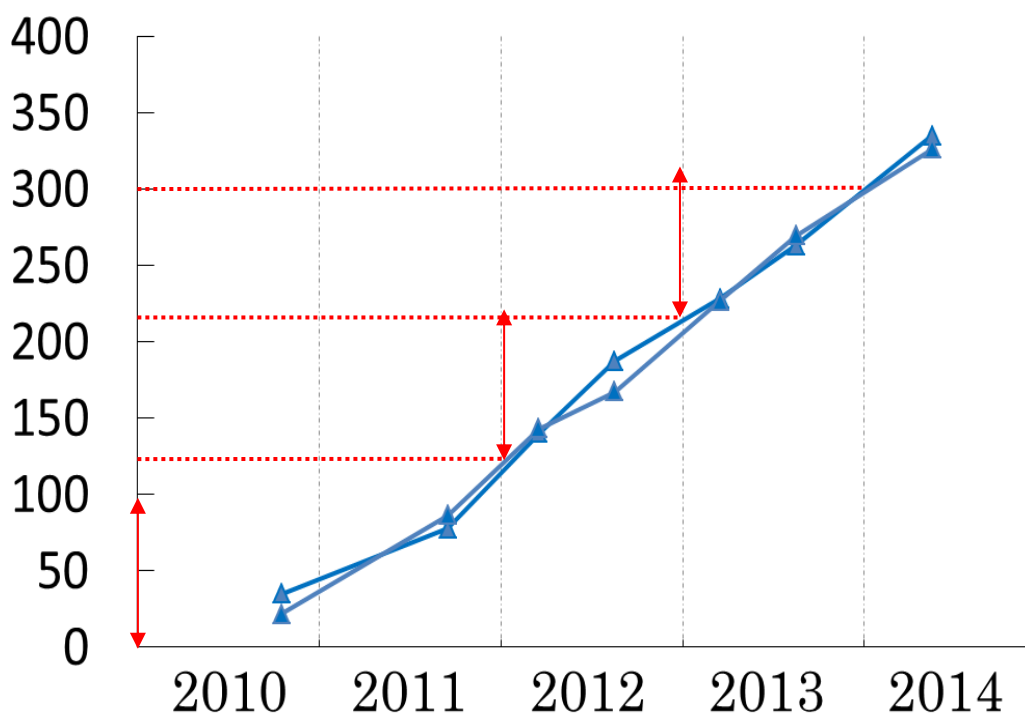


図 4-6 ハナガサミドリイシの年間成長量 (2 群体)

## 第V章 総括

リクパン海域でマリنبロック上へ移植したミドリイシ属は成長するに従い形成される群体型毎に初期成長速度が異なっていた。樹枝をテーブル状に広げながら成長するハナバチミドリイシの年間成長量は約 15cm であり、同様にテーブル状に成長するタチハナガサミドリイシも極めて近い成長傾向を示した。ハナガサミドリイシの年間成長量も約 10cm であると推測できた。加えて、本実験で 2010 年 11 月に移植したハナバチミドリイシは、着生後最大 4 年が経過した 2013 年 3 月時点の最大直径が 35cm に達していたのに対し、石西礁湖名蔵湾におけるハナバチミドリイシは着生から 4 年経過後も最大直径が 10cm に満たないことが明らかとなっている。このことから、マナド海域におけるミドリイシ属の成長速度は石西礁湖よりも速いことが伺える。

マナド海域における移植実験では、ミドリイシ属に限らず様々なサンゴ種を移植に用いることができた。しかし、被覆状に成長するハマサンゴやコモンサンゴは約半年毎の管理・観察下であっても藻類被覆により多くの群体が死亡・縮小した。一方、樹枝を伸ばし成長するミドリイシ属やハナヤサイサンゴ科の生残は良好であり、さらにマリنبロック上面や側面への自然着生と成長も確認できた。移植したサンゴの成長に伴いマリنبロック上面の空間が減少することを考慮し、移植箇所の検討を行うことで、これらの種は定期的な管理の下で継続して成長していくことが期待できる。

再生海域に設定したリクパン海域は、市街地から離れているため人間生活による汚染の影響は少なく、貧栄養な海域であった。付近の河川から土の流入はあるが、海中の流れが強いためサンゴの成長を阻害するほど泥は堆積せず、移植実験を行う海域として適していた。着生・育成海域はミドリイシ属を含め多様なサンゴ種の着生が確認できたブナケン島西部が適していると考えられてきた（福嶋 2013）。しかし、マナド海域で再生の目標としたサンゴは成長の速いミドリイシ

属でありながら、ブナケン島西部でミドリイシ属としたもののなかに、幼生放出型のイソポラ属が多数混ざっていた。イソポラ属は 2007 年からミドリイシ属から外れミドリイシ科の新属となったサンゴ種であり、目視観察可能なサイズへ成長してもミドリイシ属の初期形状である被覆状と非常に似ていることから区別が難しい種である。今後の課題として、多様なサンゴ種と共に、サンゴ礁を形成する上で重要なサンゴ種であるミドリイシ属を確実に着生できる海域を引き続き選定する必要がある。

マナド海域におけるミドリイシ属の生残・新規加入は非常に乏しいながらも、着床具上へ獲得したミドリイシ属をマリンブロックへ移植した後は順調な生残・成長を示した。このことから、本技術は熱帯海域でこそ高い効果が期待できる。熱帯海域において移植したサンゴが産卵可能なサイズまで成長すると、サンゴが激減した海域への幼生加入を促すことに繋がる。その結果、将来的に日本へのサンゴ供給源である熱帯のサンゴ礁が再生し、日本におけるサンゴの着生増加も期待できると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科海洋計測工学研究室の教授岡本峰雄博士には多大な御指導御鞭撻を受け賜わり、厚く御礼申し上げます。

また海洋科学技術研究科海洋システム工学専攻応用情報システム工学研究室准教授宮本佳則博士、先端科学技術センター助教授甘糟和男博士には、平素より終始懇切なご助言、御指導いただきましたことに深く御礼申し上げます。

現地での調査を行うに当たって、サムラトランギ大学の Kakaskasen Andreas Roeroe さん、Hengky Tombokan さん、Jacqline Laikun さん、環境省国際サンゴ研究モニタリングセンターのスタッフの皆様、マリンポイントの皆様には大変お世話になりました。また、修士課程 2 年の大滝千尋さん、糠信元太郎さん、西川信太郎さん、学部 4 年の伊藤花恵さん、小室茜さん、クルズ・デイビット・ジェネシス・ヘネザさん、卒業生の田闊さん、福嶋慧さん、風巻宏太さん、伊藤菜津美さん、成瀬香さん、小松亮佑さん、濱裕次郎さん、加藤太郎さん、楊暁霞さん、斎藤慶一郎さん、高橋優人さん、中村祥さん、王哲さんには調査研究から日々の学生生活において多大な御助言と御協力、様々な場面で支えとなり助けて頂きましたことを、心より感謝申し上げます。

最後に精神面・生活面において支えとなり、暖かく見守ってくれた家族、親族、ハチ、ハナ、そして友人達に心より感謝申し上げます。



## 引用文献

1. Birkeland CE, Lucas JS (1990). *Acanthaster planci* : major management problem of coral reefs. CRC Press, Boca Raton, 257
2. Engebretson H, Martin KLM (1994). Effect of decreased salinity on expulsion of zooxanthellae in the symbiotic sea anemone *Anthopleura elegantissima*. *Pac Sci*, 48: 446-457
3. Gleason DF, Wellington GM (1993). Ultraviolet radiation and coral bleaching. *Nature*, 365: 836-837
4. Hayashibara, R., K. Shimoike, T. Kimura, S. Hosaka, A. Heyward, P. Harrison, K. Kudo and M. Omori (1993) Patterns of coral spawning at Akajima Island, Okinawa, Japan. *Marine Ecology Progress Series*, 101: 253-262.
5. 藤原秀一 (1994). サンゴ礁海域調査結果の解析. 第4回自然環境保全基礎調査海域生物環境調査報告書(干潟, 藻場, サンゴ礁調査)第3回サンゴ礁, 環境自然保護局, 31-48
6. 磯雄典男・高橋達人・岡田光正(2000). 藻場造成用基質としての炭酸固化体の評価. 日本水産学会誌, 66: 647-650.
7. 環境省・日本サンゴ礁学会(2004). 日本のサンゴ礁, 自然環境研究センター.
8. 金城孝一・比嘉榮三郎・大城洋平 (2006). 沖縄県のサンゴ礁海域における栄養塩環境について. 沖縄県衛生環境研究所報, 第40号
9. Laretta Burke, Kathleen Reytar, Mark Spalding, Allison Perry (2012). *Reefs at risk revisited in the Coral Triangle*. World Resources Institute, 11-45

10. Lyndon DEVANTIER, Emre TURAK and Posa SKELTON (2006).  
Ecological assessment of the coral communities of Bunaken National Park :  
Indicators of management effectiveness, Proceedings of 10 th International  
Coral Reef Symposium, 175-187
11. McPhaden, M.J. (1999). El Niño : The child prodigy of 1997-98. *Nature*,  
398: 559-562
12. 西平守孝・Veron, J.E.N. (1995). 日本の造礁サンゴ類, 海游舎.
13. Okamoto M, Nojima S, Furushima (2007). Temperature environments  
during coral bleaching events in Sekisei Lagoon. *Bull Jpn Soc Fish  
Oceanogr* 71: 112-121
14. Okamoto M, Yap M, Roeroe KA, Nojima S, Oyamada K, Fujiwara S, Iwata  
I (2010). In situ growth and mortality of juvenile *Acropora* over two  
years following mass spawning in Sekisei Lagoon, Okinawa (24°N). *Fish  
Sci* 76:343-353
15. 大見謝辰男・中曾根一哉・満本裕彰・上原睦男・大城哲(2000). サンゴの赤  
土汚染耐性と白化耐性の比較, 沖縄県衛生環境研究所報, 第 34 号
16. Ove Hoegh-Guldberg (1999). Climate change, coral bleaching and the  
future of the world's coral reefs, *Mar.Fresh water Res.*, 50: 839-866
17. Roeroe, K.A., Yap, M. & Okamoto, M. (2009). Development of a coastal  
environment assessment system using coral recruitment. *Fisheries  
Science*, 75: 215-224
18. Turner SJ (1994). The biology and population outbreaks of the  
corallivorous gastropod *Drupella* on Indo-Pacific reefs. *Oceaneogr Mar  
Biol Ann Rev*, 32: 479-502

19. T.P. Hughs, J.H. Connell (1999). Multiple stressors on coral reefs : impacts on reefs, economies and human cultures, *Global Change Biology*. 2: 547-558
20. 和田恵次 (2003). 海洋ベントスの生態学, 東海大学出版会.
21. Wilkinson, C.P. (1998). The 1997-1998 Mass Bleaching Event Around the World. AIMS Research, 23
22. 藪田和哉, 戸澤宏一, 高橋達人 (2004). 循環型社会に貢献する鉄鋼スラグの利用技術. JFE 技報, 6: 24-29.
23. 山室悠太 (2011). 着床具と人工基盤 (マリンプロック) を用いた宮古島平良港でのサンゴ再生実験について, 東京海洋大学大学院修士論文.
24. 山里清 (1991). サンゴの生物学, 東京大学出版会.
25. 安村茂樹 (2007). 化学物質によるサンゴ汚染の影響, 国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターニュースレター, 8: 5-7.
26. 杉田篤信 (2012). マナド海域におけるサンゴの初期生態の把握, 東京海洋大学大学院修士論文.
27. 福嶋慧 (2013). マナド海域におけるサンゴ再生実験について, 東京海洋大学大学院修士論文.

2010年11月移植 MB21～23 生残・成長(全種)

MB	CSD No.	spp.								Max length (mm)							備考
		2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5	2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5		
21	1	Oth	×	—	—	—	—	—	15. 8	×	—	—					備考 Fu
	2	Mo	×	—	—	—	—	—	6. 73	×	—	—					
	3	Poc	—	—	—	—	—	—	19. 26	69. 35	111. 79	134. 97	164. 74	186. 44	224. 44		
	4	Mo	—	—	—	—	—	—	26. 85	47. 51	66. 99	73. 17	85. 63	112. 49	105. 42		
	5	Mo	×	—	—	—	—	—	15. 48	×	—	—	—				被覆
	6	Pav	—	—	×	—	—	—	42. 29	48. 89	44. 85	×	—				
	7	Pav	×	—	—	—	—	—	23. 6	×	—	—	—				
	8	Pav	×	—	—	—	—	—	18. 28	×	—	—	—				
	8	Fav	—	—	—	—	—	—	25. 96	35. 68	48. 53	56. 11	70. 33	82. 68	98. 28		
	9	Pav	×	—	—	—	—	—	10. 1	×	—	—	—				
	10	Por	×	—	—	—	—	×	31. 86	×	—	—	—				
	11	Poc	—	—	—	—	—	—	36. 91	41. 9	117. 72	141. 32	159. 08	177. 85	148. 38		
	12	Por	脱落	—	—	—	—	—	46. 73	脱落	—	—	—				
22	1	Pav	—	×	—	—	—	—	46. 03	33. 21	×	—	—				被覆
	2	Pav	—	—	×	—	—	—	19. 14	23. 55	31. 43	×	—				
	3	Mo	×	—	—	—	—	—	24. 05	×	—	—	—				
	4	Mo	×	—	—	—	—	—	38. 09	×	—	—	—				
	5	Mo	—	—	—	—	—	×	45. 96	67. 9	53. 52	53. 86	109. 74	113. 94			被覆
	6	Oth	×	—	—	—	—	—	9. 98	×	—	—	—				
	7	Pav	—	—	—	—	—	—	24. 44	46. 49	45. 32	60	79. 71	55. 96	84. 41		
	8	Pav	×	—	—	—	—	—	26	×	—	—	—				
	8	Mo	×	—	—	—	—	—	25. 37	×	—	—	—				
	9	Oth	—	—	—	—	—	—	30. 94	36. 93	61. 65	76. 39	87. 5	90. 27	104. 75		ヤスリ
	10	Por	—	×	—	—	—	—	19. 77	18. 21	×	—	—				
	11	Mo	×	—	—	—	—	—	30. 2	×	—	—	—				
	12	Pav	×	—	—	—	—	—	20. 98	×	—	—	—				
23	1	Pav	—	—	—	×	—	—	33. 2	35. 09	44. 71	51. 22	×				
	2	Pav	×	—	—	—	—	—	19. 54	×	—	—	—				
	3	Por	—	—	×	—	—	—	20. 63	35. 67	59. 04	×	—				
	4	Pav	—	—	—	—	—	—	46. 58	64. 75	74. 05	103. 16	101. 32	114. 45	141. 13		ヤスリ
	5	Oth	—	—	—	—	—	—	38. 2	49. 66	49. 46	63. 72	73. 69	89. 84	92. 9		
	6	Fav	—	×	—	—	—	—	16. 15	17. 17	×	—	—				
	7	Oth	—	—	×	Oth	—	—	17. 85	43. 69	44. 33	×	9. 47	24. 21	34. 34		ヤスリ・復活
	8	Oth	×	—	—	—	—	—	6	×	—	—	—				ヤスリ
	9	Oth	—	—	—	—	—	—	26. 35	55. 09	No data	54. 54	61. 70	61. 36	62. 41		リ (2012. 3ミス)、
	10	Por	—	×	—	—	—	—	17. 54	18. 3	×	—	—				
	11	Por	—	×	—	—	—	—	16. 22	24. 3	×	—	—				
	12	Oth	—	—	—	—	—	—	25. 44	No data	51. 51	63. 73	76. 56	83. 83	99. 95		ヤスリ (2011. 9ミス)

2010年11月移植 MB24～25 生残・成長(全種)

MB	CSD No.	spp.	2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5	Max length (mm)						備考	
		2010. 11								2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5		
24	1	Pav	×	－	脱落	－	－	－	7. 99	×	－	脱落	－				被覆
	2	Pav	×	－	脱落	－	－	－	12. 19	×	－	脱落	－				
	3	Oth	×	－	－	－	－	－	No data	×	－	－	－				
	4	Mo	－	－	－	×	－	－	12. 05	21. 85	24. 61	9. 03	×				
	5	Oth	－	－	－	－	－	－	24. 36	26. 47	30. 32	45. 99	57. 09	79. 56	106. 9	トサング(2013. 3見セ	
	6	Oth	－	×	－	Poc	－	×	11. 67	17. 67	×	－	18. 51	24. 31		ヤスリ, Poc新規	
	7	Por	－	－	－	－	×	－	18. 72	35. 15	38. 07	44. 57	47. 64				
	8	Por	－	－	×	－	－	－	8. 7	19. 21	11. 7	×	－			被覆	
	9	Pav	－	×	脱落	－	－	－	22. 02	32. 55	×	脱落	－				
	10	Oth	×	－	－	－	－	－	6. 57	×	－	－	－			Fu	
	11	Pav	×	－	－	－	－	－	17. 77	×	－	－					
	12	Pav	－	－	－	－	－	×	13. 08	22. 12	29. 7	25. 79	－	28. 37		被覆	
25	1	Pav	－	－	×	－	－	－	7. 57	12. 89	27. 28	×	－				被覆・分裂
	2	Mo	－	－	－	×	－	－	45. 28	48. 33	64. 72	69. 01	×				
	3	Pav	－	－	－	－	－	×	15	31. 08	39. 34	33. 68	46. 63	17. 81			
	4	Pav	－	×	－	－	－	－	19. 18	12. 02	×	－	－				
	5	Por	－	－	－	－	－	×	13. 17	17. 33	41. 82	37. 01	55. 82	37. 13		被覆	
	6	Pav	脱落	－	－	－	－	－	28. 78	脱落	－	－	－				
	7	Pav	×	－	脱落	－	－	－	42. 84	×	－	脱落	－				
		Poc	×	－	－	－	－	－	17. 69	×	－	－	－				
	8	Oth	×	－	－	－	－	－	No data	×	－	－	－				
	9	Pav	－	×	－	－	－	－	22. 65	12. 81	×	－	－				
	10	Mo	×	－	－	－	－	－	14. 06	×	－	－	－				
	11	Fav	－	－	×	－	－	－	8. 48	16. 63	18. 15	×	－				
12	Mo	×	－	－	－	－	－	12. 52	×	－	－	－					

2010年11月移植 MB26～28 生残・成長(全種)

MB	CSD No.	spp. 2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5	Max length (mm)							備考
									2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5	
26	1	Mo	－	×	－	－	－	－	21.38	33.18	×	－	－			被覆, 0th?
	2	Pav	－	－	－	－	×	－	42.96	37.31	43.91	32.36	35.75			
	3	Pav	×	－	－	－	－	－	24.35	×	－	－	－			
	4	Poc	－	－	－	－	－	－	26.04	61.52	92.07	124.39	152.98	167.55	212.36	
	5	Pav	×	－	－	－	－	－	18.68	×	－	－	－			
	6	Mo	×	－	－	－	－	－	9.49	×	－	－	－			
	7	Pav	－	－	脱落	－	－	－	9.88	13.64	×	脱落	－			
	8	Pav	×	－	－	－	－	－	12.79	×	－	－	－			
	9	Pav	脱落	－	－	－	－	－	29.67	脱落	－	－	－			
	10	Pav	×	－	－	－	－	－	31.21	×	－	－	－			
	11	0th	－	－	－	－	－	×	20.68	35.9	44.07	45.74	48.81	55.79		
	12	0th	－	－	－	－	×	－	34.34	18.14	33.84	27.92	44.07			
		Por	－	－	－	×	－	－	13.78	13.3	20.66	21.95	×			ヤスリ ヤスリ 被覆?
MB	CSD No.	spp. 2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5	Max length (mm)							備考
									2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5	
27	1	Pav	－	－	－	－	×	－	16.75	30.74	43.09	21.81	24.25			着床具欠け(分裂)
	2	Pav	－	－	×	－	－	－	8	19.3	20.19	×	－			
	3	Por	－	－	脱落	－	－	－	14.2	28.7	49.03	脱落	－			
	4	Pav	－	－	－	－	×	－	11.17	22.43	23.48	30.79	52.58			
	5	Pav	×	－	脱落	－	－	－	25.3	×	－	脱落	－			
	6	0th	×	－	－	－	－	－	15.94	×	－	－	－			
	7	Pav	脱落	－	－	－	－	－	19.08	脱落	－	－	－			
	8	Fav	－	－	－	－	－	－	10.83	25.94	42.8	52.75	56.03	60.9	75.4	
	9	Por	－	－	－	－	×	－	22.12	55.63	78.45	66.07	28.43			被覆分裂
	10	Pav	×	－	－	－	－	－	25.44	×	－	－	－			上、崩壊 下、被覆
	11	Por	－	－	×	－	－	－	40.02	45.19	60.62	×	－			
		Por	－	－	－	－	－	－	35.6	47.41	55.77	48.32	44.98	57.33	33.1	
	12	Mo	×	－	－	－	－	－	15.13	×	－	－				2013. 3写真有
28	1	Poc	－	－	－	－	－	－	23.29	54.94	93.39	144.69	165.35	176.91	178.34	☆
	2	Por	－	－	×	－	－	－	18.17	22.88	35.56	×	－			
	3	0th	×	－	－	－	－	－	11.4	×	－	－	－			
	4	Poc	－	－	脱落	－	－	－	15.43	24.91	96.75	脱落	－			
	5	Pav	×	－	－	－	－	－	19.98	×	－	－	－			
	6	Mo	×	－	－	－	－	－	18.78	×	－	－	－			
	7	Pav	×	－	－	－	－	－	31.8	×	－	－	－			
	8	Poc	－	－	－	－	－	×	15.35	64.44	93.09	111.8	144.71	152.88		
	9	Por	×	－	－	－	－	－	16.36	×	－	－	－			
	10	Pav	－	－	脱落	－	－	－	19.82	31.69	42.9	脱落	－			
	11	Mo	脱落	－	－	－	－	－	14.7	脱落	－	－	－			
	12	Poc	－	－	－	×	－	－	20.94	92.66	116.27	136.63	×			

2010年11月移植 MB29 生残・成長(全種)

29	1	Ac	脱落	-	-	-	-	-	40.8	脱落	-	-	-				
	2	Por	×	-	脱落	-	-	-	21.53	×	-	脱落	-				
	3	Poc	-	-	-	-	-	×	32.41	78.73	111.97	144.41	164.59				175.08
	4	Poc	-	-	-	×	-	-	30.47	105.13	140.69	173.9	×				
	5	Poc	-	-	-	-	-	-	43.08	91.7	122.42	153.36	180.51	190.91	210.41	ヤスリ	
	6	Fav	-	-	-	-	-	-	28.33	20.89	35.65	50.9	68.74	87.64	98.64		
	7	Oth	-	-	×	-	-	-	No data	15.76	25.85	×	-				
	8	Mo	-	-	脱落	-	-	-	33.93	64.21	87.21	脱落	-				
	9	Mo	-	×	-	-	-	-	24.68	69.02	×	-	-				
	10	Por	×	-	脱落	-	-	-	36.53	×	-	脱落	-				
	11	Poc	-	-	-	×	-	-	35.53	90.77	100.15	120.41	×				
	12	Ac	-	-	-	-	-	-	30.48	94.41	173.4	230.7	316.63	399.02	477.59		
	12	Pav	脱落	-	-	-	-	-	17.32	脱落	-	-	-				

## 2010年11月移植 MB30 生残・成長（全種）

MB	CSD No.	spp.								Max length (mm)							備考
		2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5	2010. 11	2011. 9	2012. 3	2012. 8	2013. 3	2013. 8	2014. 5		
30	A-1	Pav	×	-	-	-	-	-	20. 6	×	-	-	-				被覆  被覆 ヤスリ
	A-2	Pav	-	-	×	-	-	-	23. 37	12. 51	15. 31	×	-				
	A-3	Pav	×	-	-	-	-	-	8. 1	×	-	-	-				
	A-4	Por	-	-	-	-	-	×	17. 41	27. 76	30. 21	11. 56	, 横から身		19. 97		
	A-5	Oth	-	×	-	-	-	-	42. 65	28. 76	×	-	-				
	A-6	Oth	×	-	-	-	-	-	5. 74	×	-	-	-			被覆分裂,ほぼ死亡	
	A-7	Poc	-	-	-	-	-	×	16. 69	53. 38	102. 15	118. 66	137. 5	168. 53	-		
	A-8	Pav	-	-	×	-	-	-	40. 75	44. 56	40. 61	×	-				
	A-9	Poc	-	-	-	-	-	-	19. 07	54. 87	95. 64	106. 58	140. 46	151. 45	160. 4		
	A-10	Oth	×	-	-	-	-	-	17. 17	34. 95	40. 22	42. 27	71. 72			↑のPocにより被覆	
	B-1	Pav	-	-	×	-	-	-	20. 7	18. 38	19. 51	×	-				骨格欠損により分裂
	B-2	Pav	×	-	-	-	-	-	20. 08	×	-	-	-				
	B-3	Pav	-	-	×	-	-	-	34. 13	17. 24	22. 42	×	-				
	B-4	Poc	×	-	-	-	-	-	22. 57	×	-	-	-				
	B-5	Pav	-	-	-	-	×	-	13. 8	16. 46	28. 65	14. 57	29. 99	-	-	被覆 2013.8復活	
	B-6	Por	-	-	写真なし 写真なし		復活	×	13. 52	21	28. 32	-	-	41. 87	-		
	B-7	Oth	×	-	-	-	-	-	8. 05	×	-	-	-				
	B-8	Por	-	×	-	-	-	-	16. 98	14. 62	×	-	-	-			
	B-9	Mo	脱落	-	-	-	-	-	16. 18	脱落	-	-	-	-			
	B-10	Oth	×	-	-	-	-	-	7. 76	×	-	-	-	-			
	C-1	Pav	-	-	-	-	-	-	16. 11	18. 17	×	-	-			Fu	
	C-2	Ac	-	-	-	-	-	-	33. 35	18. 29	22. 11	27. 36	39. 61	37. 24	38. 03	被覆により分裂	
	C-3	Pav	×	-	-	-	-	-	34. 94	77. 46	139. 84	187. 3	228. 3	263. 16	334. 75		
	C-4	Pav	×	-	-	-	-	-	13. 73	×	-	-	-			被覆 復活ヤスリ	
	C-5	Oth	-	-	-	-	-	×	9. 63	×	-	-	-				
	C-6	Oth	-	-	-	-	-	×	34. 43	-	-	55. 01	54. 75	52. 64	-		
	C-7	Mo	-	×	-	-	-	-	26. 11	48. 38	×	-	-			Fu 上部覆い	
	C-8	Oth	×	-	-	-	-	-	30. 6	×	-	-	-				
	C-9	Poc	-	-	-	-	×	-	31. 85	84. 54	124. 68	127. 17	114. 48				
	C-10	Oth	×	-	-	-	-	-	23. 97	×	-	-	-				
	D-1	Oth	-	-	-	-	×	-	18. 89	30. 77	47. 99	31. 56	37. 25			ヤスリ被覆	
	D-1	Por	-	-	-	-	-	-	18. 64	19. 77	32. 18	36. 11	48. 66	47. 77	42. 26		
	D-2	Pav	×	-	-	-	-	-	14. 54	×	-	-	-				
	D-3	Por	-	-	-	-	-	-	26. 11	39. 45	45. 4	51. 66	52. 31	63. 28	45. 99		
	D-4	Pav	-	×	-	-	-	-	10. 9	13. 77	×	-	-				
	D-5	Pav	×	-	-	-	-	-	18. 27	×	-	-	-				
	D-6	Ac	-	-	-	-	-	-	21. 36	86. 38	143. 04	167. 04	226. 78	269. 49	326. 09		
	D-7	Pav	×	-	-	-	-	-	12. 56	×	-	-	-				
	D-8	Oth	×	-	-	-	-	-	6. 15	×	-	-	-				
	D-9	Pav	×	-	-	-	-	-	No data	×	-	-	-				
D-10	Ac	-	-	-	-	-	-	12	39. 42	141. 7	190. 97	303. 98	390. 8	477. 52			
D-10	Oth	-	×	-	-	-	-	19. 36	6. 15	×	-	-					



2010年11月移植 MB30 生残・成長（全種）

	E-1	Oth	×	-	-	-	-	-	9.26	×	-	-	-	Fu				
	E-2	Oth	×	-	-	-	-	-	10.45	×	-	-	-					
	E-3	Oth	脱落	-	-	-	-	-	6.07	脱落	-	-	-					
	E-4	Pav	脱落	-	-	-	-	-	43.1	脱落	-	-	-					
	E-5																	
	E-6																	
	E-7	Por	-	×	-	-	-	-	19.97	28	×	-	-					
	E-8	Pav	脱落	-	-	-	-	-	42.16	脱落	-	-	-					
	E-9	Por	×	-	-	-	-	-	9.11	×	-	-	-					
	E-10	Pav	×	-	-	-	-	-	11.95	×	-	-	-					
	F-1	Pav	×	-	-	-	-	-	12.33	×	-	-	-					
	F-2	Por	脱落	-	-	-	-	-	10.05	脱落	(30.74)	×	-					
	F-3	Pav	-	脱落	-	-	-	-	46.92	42.86	脱落	-	-					
	F-4	Oth	脱落	-	-	-	-	-	No data	脱落	-	-	-					
		F-5																
		F-6																
	F-7	Mo	×	-	-	-	-	-	30.69	×	-	-	-	被覆				
	F-8	Pav	-	×	-	-	-	-	15.64	10.64	×	-	-					
	F-9	Pav	-	-	-	-	×	-	16.68	(31.64)	26.73	32.42	41.08					
	F-10	Mo	-	-	-	-	×	-	46.89	58.07	47.7	34.07	64.92					
	G-1	Oth	脱落	-	-	-	-	-	18.61	脱落	-	-	-	Fu				
	G-2	Oth	×	-	-	-	-	-	10.95	×	-	-	-					
	G-3	Oth	脱落	-	-	-	-	-	10.1	脱落	-	-	-					
	G-4	Oth	×	-	-	-	-	-	3.65	×	-	-	-					
	G-5	Por	-	-	-	写真なし		-	-	36.13	43.32	47.25	57.52	×	(new?)	23.15	20	2013.3写真なし
	G-6	Oth	×	-	-	-	-	-	-	4.23	×	-	-	-	2013.3写真なし/分			
	G-7	Pav	×	-	-	-	-	-	-	33.29	×	-	-	-				
	G-8	Por	-	-	-	-	-	×	-	15.69	25.53	44.54	48.28	×		近い)	28.10 (遠	
	G-9	Pav	×	-	-	-	-	-	-	15.71	×	-	-	-				
	G-10	Pav	×	-	-	-	-	-	-	17.8	×	-	-	-				
	H-1	Oth	-	-	脱落		-	-	-	40.65	48.03	52.82	脱落	-		ヤスリ		
	H-2	Pav	×	-	-	-	-	-	-	27	×	-	-	-				
	H-3	Por	×	-	-	-	-	-	-	16.26	×	-	-	-				
	H-4	Mo	×	-	-	-	-	-	-	8.4	×	-	-	-				
	H-5	Pav	×	-	-	-	-	-	-	10.81	×	-	-	-				
	H-6	Mo	×	-	-	-	-	-	-	30.46	×	-	-	-				
	H-7	Por	-	-	×	-	-	-	-	15.76	24.45	60.31	×	-				
	H-8	Mo	-	×	-	-	-	-	-	19.11	41.78	×	-	-				
	H-9	Por	-	-	×	-	-	-	-	25.87	10.85	18.37	×	-				
	H-10	Mo	×	-	-	-	-	-	-	25.86	×	-	-	-				

2010年11月移植 MB30 生残・成長（全種）

I-1	Por	脱落	-	-	-	-	-	17.62	脱落	-	-	-					
I-2	Pav	×	-	-	-	-	-	13.98	×	-	-	-					
I-3	Pav	×	-	-	-	-	-	16.89	×	-	-	-					
I-4	Pav	×	-	-	-	-	-	12.15	×	-	-	-					
I-5	Oth	×	-	-	-	-	-	No data	×	-	-	-					
I-6	Por	×	-	-	-	-	-	12.33	×	-	-	-					
I-7	Oth	-	×	-	-	-	-	10.06	9.95	×	-	-					Fu
I-8	Poc	-	-	-	-	-	-	7.88	27.19	64.31	81.66	109.76	124.66	58.56			被覆
I-9	Pav	×	-	-	-	-	-	14.01	×	-	-	-					
I-10	Por	×	-	-	-	-	-	15.63	×	-	-	-					
J-1	Por	×	-	-	-	-	-	14.32	×	-	-	-					
J-2	Pav	-	-	-	-	-	×	11.36	-	-	19.61	26.63	26.83				復活？
J-3	Fav	-	-	-	-	-	×	22.13	22.56	26.01	31.67	43.29	41.27				
J-4	Mo	×	-	-	-	-	-	11.45	×	-	-	-					
J-5	Oth	-	-	×	-	-	-	7.94	-	16.43	×	-					復活→×
J-6	Pav	×	-	-	-	-	-	17.88	×	-	-	-					
J-7	Mo	-	-	×	-	-	-	21.48	42.71	66.59	×	-					
J-8	Oth	×	-	-	-	-	-	17.39	×	-	-	-					
J-9	Poc	-	-	-	-	-	-	29.53	96.38	144.31	160.46	177	191.85	212.52			
J-10	Pav	-	-	×	-	-	-	25.47	28.8	42.24	×	-					

追加移植 MB22～24 生残・成長(ミドリイシ属)

MB	CSD No.	spp.					Max length (mm)					備考
		2012. 03	2012. 08	2013. 03	2013. 08	2014. 05	2012. 03	2012. 08	2013. 03	2013. 08	2014. 05	
22	13	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	45.63		Iso
	17	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	32.72		Iso
	18	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	20.93		Iso
	19	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	29.23		Iso
	20	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	35.34		Iso
	23	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	42.18		Iso
23	14	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	35.05		Iso
	15	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	29.82		Iso
	16	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	25.58		Iso
	17	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	26.73		Iso
	18	—	—	—	Ac	—				27.64	44.27	樹枝高≒44.29
	19	—	—	—	Ac	脱落	—	—	—	14.48		Iso
24	20	—	—	—	Ac	—				45.58	50.66	基盤分裂気味、樹枝成長
	13	—	Ac	脱落	—	—	—	17.86				サンゴ未確認
	14	—	Ac	脱落	—	—	—	43.38				
	15	—	Oth	脱落	—	—	—	—				
	16	—	Ac	—	—	×	—	129.95	49.7	52.83		
			Ac	—	—	×	—	129.95	49.7	55.66		

追加移植 MB25～27 生残・成長(ミドリイシ属)

MB	CSD No.	spp.					Max length (mm)					備考
		2012. 03	2012. 08	2013. 03	2013. 08	2014. 05	2012. 03	2012. 08	2013. 03	2013. 08	2014. 05	
25	13	－	Ac	×	Ac	－	－	31.98	×		75.43	藻類被覆で2013. 3は死亡
	14	－	Ac	－	脱落	－	－	30.56	51.56			死亡
	15	－	Ac	－	×	－	－	32.22	59.18			
	16	Ac	脱落	－	－	－	29.99	脱落				
			Ac	－	－	脱落？	－	31.63	44.28	78.1		
26	13	Ac	脱落	－	－	－	33.53	脱落				
		－	Ac	－	脱落	－	－	22.35	45.68			
	14	Ac	脱落	－	－	－	47.42	脱落				
		－	Ac	脱落	－	－	－	28.04				
	15	Ac	脱落	－	－	－	36.67	脱落				
		－	Ac1	－	－	－		39.9	118.59	193.25	258.51	
	16	Ac	脱落	－	－	－	33.86	脱落				
		－	Ac2	－	－	－		79.68	152.77	239.67	310.02	
27	13	Ac	－	－	－	－	23.98	29.83				(コモン)
	14	Ac	脱落	－	－	－	19.11	脱落				
		－	Ac	脱落	－	－	－	18.02				
	15	Ac	脱落	－	－	－	26.4	脱落				
		－	Ac	脱落	－	－	－	31.79				
	16	Ac	－	－	脱落？	－	36.92	60	159.3			

2010年11月移植 種別生残推移

		2010. 11	2011. 09	2012. 03	2012. 08	2013. 03	2013. 08	2014. 05	
Ac	生残	5	4	4	4	4	4	4	・ ・ ・
	死亡	0	0	0	0	0	0	0	0
	追跡不能	0	1	0	0	0	0	0	1
	生残率	100. 0%	100. 0%	100. 0%	100. 0%	100. 0%	100. 0%	100. 0%	100. 0%
Poc	生残	18	16	16	15	12	11	8	・ ・ ・
	死亡	0	2	0	0	3	1	3	9
	追跡不能	0	0	0	1	0	0	0	1
	生残率	100. 0%	88. 9%	88. 9%	88. 2%	70. 6%	64. 7%	47. 1%	47. 1%
Por	生残	35	23	18	11	10	8	4	・ ・ ・
	死亡	0	9	5	6	1	2	4	27
	追跡不能	0	3	0	1	0	0	0	4
	生残率	100. 0%	71. 9%	56. 3%	35. 5%	32. 3%	25. 8%	12. 9%	12. 9%
Mo	生残	30	12	8	6	4	2	1	・ ・ ・
	死亡	0	16	4	1	2	2	1	26
	追跡不能	0	2	0	1	0	0	0	3
	生残率	100. 0%	42. 9%	28. 6%	22. 2%	14. 8%	7. 4%	3. 7%	3. 7%
Pav	生残	75	30	22	12	11	6	3	・ ・ ・
	死亡	0	39	7	9	1	5	3	64
	追跡不能	0	6	1	1	0	0	0	8
	生残率	100. 0%	43. 5%	32. 4%	17. 9%	16. 4%	9. 0%	4. 5%	4. 5%
Fav	生残	6	6	5	4	4	4	3	・ ・ ・
	死亡	0	0	1	1	0	0	1	3
	追跡不能	0	0	0	0	0	0	0	0
	生残率	100. 0%	100. 0%	83. 3%	66. 7%	66. 7%	66. 7%	50. 0%	50. 0%
Oth	生残	44	18	13	9	9	7	5	・ ・ ・
	死亡	0	22	5	3	0	2	2	34
	追跡不能	0	4	0	1	0	0	0	5
	生残率	100. 0%	45. 0%	32. 5%	23. 1%	23. 1%	17. 9%	12. 8%	12. 8%
全体	生残	213	109	86	61	54	42	28	・ ・ ・
	死亡	0	88	22	20	7	12	14	163
	追跡不能	0	16	1	5	0	0	0	22
	生残率	100. 0%	55. 3%	43. 9%	31. 9%	28. 3%	22. 0%	14. 7%	14. 7%